MEDICAL LIBRARY

DEC 19 1946

ENCYCLOPÉDIE PÉRIODIQUE DES SCIENCES MÉDICO-BIOLOGIQUES
SECTION : RADIOLOGIE

0.5
86
13

JOURNAL DE RADIOLOGIE ET D'ÉLECTROLOGIE

PUBLIÉ PAR MM.

F. BACLESSE, J. BELOT, R. COLIEZ, A. DARIAUX, L. DELHERM, H. DESGREZ
A. LACASSAGNE, R. LEDOUX-LEBARD, F. LEPENNETIER, A. STROHL

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL : J. BELOT
SECRÉTAIRE ADJOINT : F. LEPENNETIER

BULLETINS ET MÉMOIRES DE :

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRORADIOLOGIE MÉDICALE DE FRANCE ET FILIALES
SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉLECTROTHÉRAPIE ET DE RADIOLOGIE

SECRÉTAIRES GENERAUX : A. DARIAUX. — Y. HÉLIE
SECRÉTAIRES ADJOINTS : R. NADAL. — A. LOISEAU

Tome 27 — N° 3-4 — 1946

Numéro consacré à la DÉCOUVERTE DES RAYONS X PAR W. C. RŒNTGEN

MASSON & Cie ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

JOURNAL DE RADIOLOGIE ET D'ÉLECTROLOGIE

ET

BULLETINS DE LA SOCIÉTÉ D'ÉLECTRORADIOLOGIE MÉDICALE DE FRANCE

REVUE MÉDICALE MENSUELLE

FONDÉE, EN 1914, PAR MM.

P. AUBOURG, A. BÉCLÈRE, J. BELOT, L. DELHERM, H. GUILLEMINOT
G. HARET, F. JAUGEAS, A. LAQUERRIÈRE, R. LEDOUX-LEBARD, A. ZIMMERN

PUBLIÉE AVEC LA COLLABORATION DE MM.

CHÉRIGIÉ, DIDIÉE, PAUL GIBERT, LOUBIER, NADAL, PROUX, THOYER-ROZAT

Pour toute radiographie
avec ou sans écran.

Films radiographiques "Kodak" et "Pathé"

Les produits chimiques tout préparés "Kodak" chimiquement contrôlés offrent le moyen le plus sûr d'obtenir les meilleurs clichés.

Kodak-Pathé
Société Anonyme Française
39, Av. Montaigne et 17, Rue François-Ier - PARIS-8e

EXAMEN RADIOLOGIQUE
DE L'APPAREIL DIGESTIF

GELOBARINE
(SULFATE DE BARYUM CRÈMEUX)
PATE HOMOGÈNE, STABLE
D'UNE GRANDE OPACITÉ
MOULAGE PARFAIT DES CAVITÉS DIGESTIVES
SÉCURITÉ TOTALE
PRÉSENTATION AGRÉABLE
FLACONS DE 200 GRAMMES

PULVOBARINE
(SULFATE DE BARYUM SEC)
POUDRE FINE PERMETTANT
D'OBTENIR AVEC L'EAU UNE
ÉMULSION HOMOGÈNE
SANS ODEUR NI SAVEUR
BOITES DE 125 GRAMMES

SOCIÉTÉ PARISIENNE D'EXPANSION CHIMIQUE "SPECIA"
Marques "POULENC FRÈRES-USINES DU RHÔNE", 21, Rue Jean-Goujon, PARIS (8e)

"PHÉNÉDRINE" GRIMAULT

Sulfate de β phénylisopropylamine
Dragées - Ampoules

STIMULANT DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL
ANTISPASMODIQUE UTILE DANS LES EXAMENS RADIOLOGIQUES

★

LABORATOIRES GRIMAULT, 51, RUE FRANÇOIS-Ier — PARIS-8e

GIE

NCE

JE
IF

A"

2

3

SOMMAIRE DU N° 3-4 — 1946

Cinquantième Anniversaire de la Découverte des Rayons X par Wilhelm Conrad Rœntgen :

PROGRAMME DES CONFÉRENCES

A. DARIAUX. — Hommage aux victimes des rayons X..... 101
L. DELHERM. — Première communication, en France, sur les applications médicales de la découverte de Rœntgen..... 105
Jean CHEVALIER. — Vie et travaux de Rœntgen..... 107

(Voir suite du sommaire au verso.)

TUMEURS DU TESTICULE

ÉTUDE HORMONALE PRÉ ET POST-OPÉRATOIRE OU RADIOTHÉRAPIQUE

PROLAN A (méthode Zondek)
PROLAN B (méthode H. & M. Hinglais)

Éléments indispensables et souvent précieux de diagnostic, de pronostic et d'orientation thérapeutique.

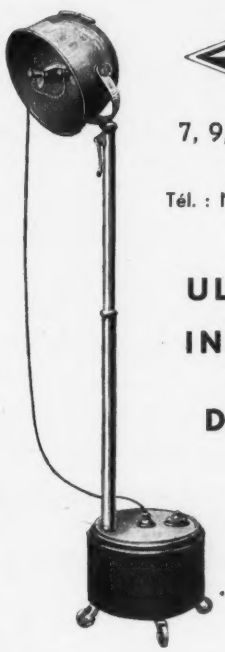
INSTRUCTIONS suivant données cliniques.

H. & M. HINGLAIS
CHEFS DE LABORATOIRE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
30, RUE MIROMESNIL, 30
ANJOU 37-14 **PARIS (8e)**

Ets G. DUFLOT
17, Rue Maurice-Mayer - PARIS

Spécialistes de l'électrologie

THERMASIX
EXPONENFLUX
ELECTROSTAT
PRIMOZON



R. TOURY
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR
PARIS

7, 9, 10, Impasse Milord
PARIS (18e)
Tél. : MARcadet 19-74 et 92-60

ULTRA-VIOLET
INFRA-ROUGE
(Livrable de suite)
DIATHERMIE

Tous Accessoires
Réparations
Echanges

H. PILON. — Cinquante ans de construction radiologique (1815-1945) 111
R. LEDOUX-LEBARD. — Les rayons X dans le diagnostic médical 116
J. BELOT. — Les rayons X en thérapeutique 126
Paul BASTIEN. — Applications industrielles des rayons X 132
Maurice DE BROGLIE. — Les rayons X et la recherche scientifique 141

Bulletin de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie. (Voir Sommaire p. 145.)

ANALYSES

NOUVELLES

IVe Congrès des Médecins électroradiologistes de Langue française.

La Société française d'Electrothérapie et de Radiologie, la Société de Radiologie et d'Electrologie médicales de France, la Société belge de Radiologie, organisent, cette année, un Congrès des Médecins électroradiologistes de Langue française, sous la présidence d'honneur de M. le Professeur BAUDOUIN, doyen de la Faculté de Médecine de Paris, et sous la Présidence de M. le Docteur DELHERM, médecin électroradiologiste honoraire des Hôpitaux de Paris.

Il s'ouvrira, le mercredi 9 octobre 1946, dans l'Amphithéâtre de Physique de la Faculté de Médecine.

A la séance inaugurale, il y aura une Conférence sur les questions atomiques.

Trois rapports sont à l'ordre du jour :

1° RADIODIAGNOSTIC. — *Etude critique sur le Rhumatisme vertébral,* par le Docteur LACHAPÈLE, médecin électroradiologiste des Hôpitaux de Bordeaux.

2° ELECTROLOGIE. — *Possibilités et limites de l'Electroencéphalographie,* par le Professeur BAUDOUIN, doyen de la Faculté de Médecine de Paris, et le Docteur FISCHGOLD, assistant d'Electroradiologie des Hôpitaux de Paris.

3° RŒNTGENTHÉRAPIE. — *La Radiothérapie de contact :*

a) *en Dermatologie,* par le Docteur COTTENOT, médecin électroradiologiste des Hôpitaux de Paris (Saint-Louis), et le Docteur BOURDON, assistant d'Electroradiologie des Hôpitaux de Paris;

b) *dans le Cancer du Rectum,* par le Docteur LAMARQUE, Professeur à la Faculté de Montpellier, et le Docteur Gros, assistant d'Electroradiologie des Hôpitaux de Montpellier.

L'innovation de ce Congrès consiste en ce fait que certains Laboratoires, Instituts et Services des Hôpitaux ouvriront leurs portes aux Congressistes, afin de leur présenter les nouveautés qui y sont étudiées plus particulièrement.

On attire l'attention des Congressistes sur le fait que les places sont limitées à un très petit nombre d'inscrits pour chaque établissement.

Prière donc de bien vouloir s'inscrire, sans retard, auprès du Docteur CHÉRIGIÉ, secrétaire général adjoint, 9, rue Daru, PARIS (VIIIe) (téléphone : Carnot 52-14).

Cotisations : *500 francs* pour les Membres actifs, et *200 francs* pour les Membres associés, à adresser au Docteur PROUX, 9, rue Daru, PARIS (VIIIe) (téléphone : Carnot 52-14).

Pour tous renseignements, s'adresser au Docteur DELHERM, *président, 1, rue Las-Cases,* PARIS (VIIe) *(téléphone : Invalides 25-36).*

PRIX DE L'ABONNEMENT POUR 1946
France et Colonies : 400 fr.
(Règlements par chèques postaux : compte Paris 599, ou chèques bancaires)
Etranger : 500 fr.
(Règlement par Banque Nationale)

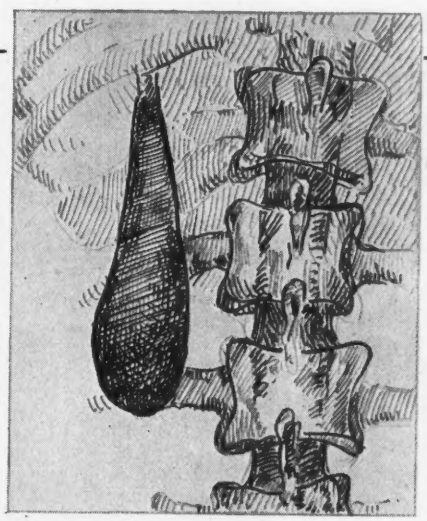
ADMINISTRATION ET PUBLICITÉ :
Librairie MASSON et Cie, 120, Bd Saint-Germain, PARIS (VIe).
Téléphone : DANTON 56-11 et ODÉON 70-81

RÉDACTION :
Dr J. Belot, 213, Bd Saint-Germain, Paris (VIIe).

Ce Journal constitue une des Sections de
L'ENCYCLOPÉDIE PÉRIODIQUE DES SCIENCES MÉDICO-BIOLOGIQUES
Prix d'abonnement (en 1946) à l'ensemble des 27 Sections :
France et Colonies : 7.000 fr. — Etranger : 9.000 fr.

GASTRHÉMA
Extrait de Muqueuse d'antre pylorique
TOUTES LES ANÉMIES - ASTHÉNIE - ANOREXIE - HYPOPEPSIE
MÉTHODE DE CASTLE
1 à 3 ampoules buvables par jour
17, Avenue de Villiers
PARIS XVIIe

En radiologie il faut rechercher
LA SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE
LA SIMPLICITÉ D'UTILISATION
LA QUALITÉ DES RÉSULTATS
LES INSTALLATIONS
CGR
A PROTECTION TOTALE
RÉUNISSENT CES **3** AVANTAGES
Cie GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE
34 BOULEVARD DE VAUGIRARD - PARIS


RADIOTÉTRANE GÉRARD
VISIBILITÉ VÉSICULAIRE
PAR VOIE DIGESTIVE
Laboratoires LAURENT-GÉRARD
40, Rue de Bellechasse - PARIS

L'APPAREIL

PHILIPS METALIX

47 QUAI DES GRANDS AUGUSTINS - PARIS
TEL. DANTON 24-60

SOCIÉTÉ NOUVELLE
DU RADIUM

ET

LABORATOIRE D'ESSAIS
DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

G I F
(S. et O.) Tél. 15

RADIUM - CURIETHÉRAPIE
APPAREILS DE RADIOACTIVITÉ

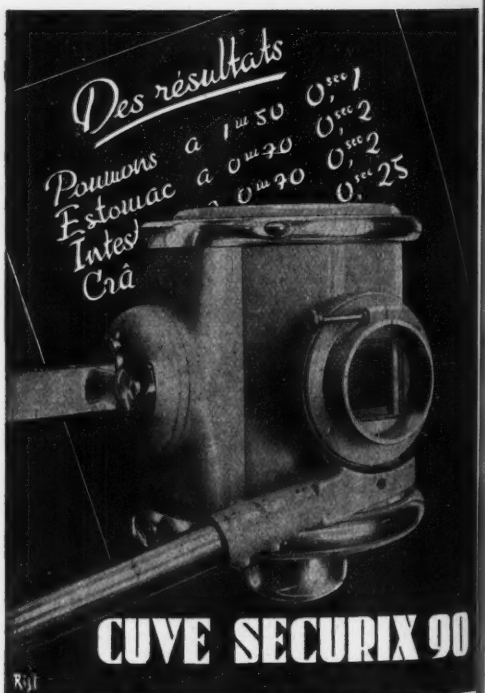
LES
APPAREILS DE RADIOLOGIE
DE
TOUTES PUISSANCES

sont construits par

G. MASSIOT & Cie

S. A. R. L. au capital de 2.100.000 francs

37bis et 39, Rue de Belfort, COURBEVOIE (Seine)



COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE
34, BOULEVARD DE VAUGIRARD, PARIS

CINQUANTIÈME ANNIVERSAIRE
DE LA DÉCOUVERTE DES RAYONS X

PAR VILHELM CONRAD RŒNTGEN

Le Professeur RŒNTGEN dans son laboratoire.

Les Sociétés
d'Electroradiologie médicale de France,
française d'Electrothérapie et de Radiologie,
des Ingénieurs civils de France,
française des Electriciens,
française de Physique,
ont commémoré, le vendredi 14 décembre 1945, au Grand Amphithéâtre de la Maison de la Chimie, le Cinquantième Anniversaire de la Découverte des Rayons X par WILHELM CONRAD RŒNTGEN.

Le Ministre de la Population avait accepté la Présidence d'Honneur de cette solennité et s'était fait représenter par son chef de cabinet, le Commandant BRUNEL.

M. le Recteur de l'Université de Paris s'était excusé, étant retenu à la Sorbonne par la préparation de la séance d'ouverture de l'Université, le samedi 15 décembre.

M. le Ministre de l'Information avait bien voulu faire retransmettre à la radiodiffusion les principaux passage des conférences.

Présidaient la séance, avec M. le Commandant BRUNEL :

MM. DIDIÉE, *Président de la Société d'Electroradiologie médicale de France;*
BEAU, *Président de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie;*
PILON, *Président de la Société française des Electriciens;*
J. CHEVALIER, *Président de Section de la Société des Ingénieurs civils de France;*
M. DE BROGLIE, *Président d'honneur de la Société française de Physique;*
et M. le Pharmacien principal KERNY, *représentant le Service de Santé du Gouvernement militaire de Paris.*

Le Commandant BRUNEL, *dans une courte allocution, présente les conférenciers.*
L'après-midi, la séance fut présidée par M. MAURICE DE BROGLIE.

PROGRAMME DES CONFÉRENCES

HOMMAGE AUX VICTIMES DES RAYONS X, par M. le Docteur DARIAUX, *Secrétaire général de la Société d'Electroradiologie médicale de France.*

PREMIÈRE COMMUNICATION, EN FRANCE, SUR LES APPLICATIONS MÉDICALES DE LA DÉCOUVERTE DE RŒNTGEN, par M. le Docteur DELHERM, *ancien Président de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie.*

VIE ET TRAVAUX DE RŒNTGEN, par M. J. CHEVALIER, *membre de la Société des Ingénieurs civils de France.*

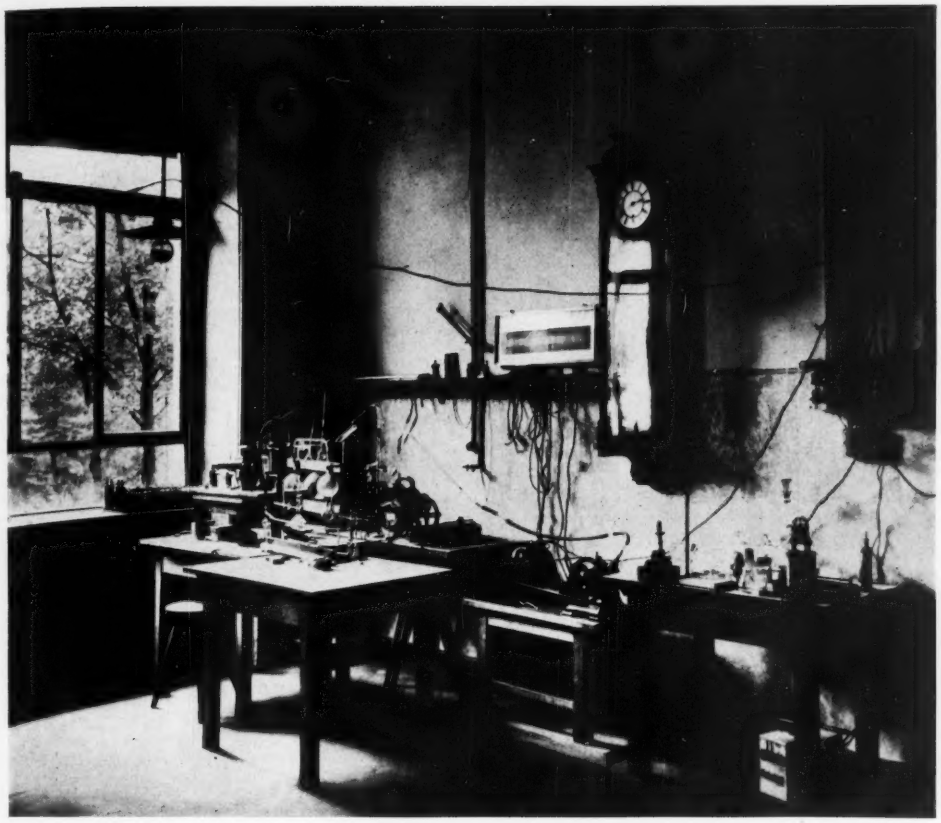
ÉVOLUTION DU MATÉRIEL RADIOLOGIQUE, par M. H. PILON, *Président de la Société française des Electriciens.*

LES RAYONS X DANS LE DIAGNOSTIC MÉDICAL, par M. le Docteur LEDOUX-LEBARD, *chargé du Cours de Radiodiagnostic à la Faculté de Médecine.*

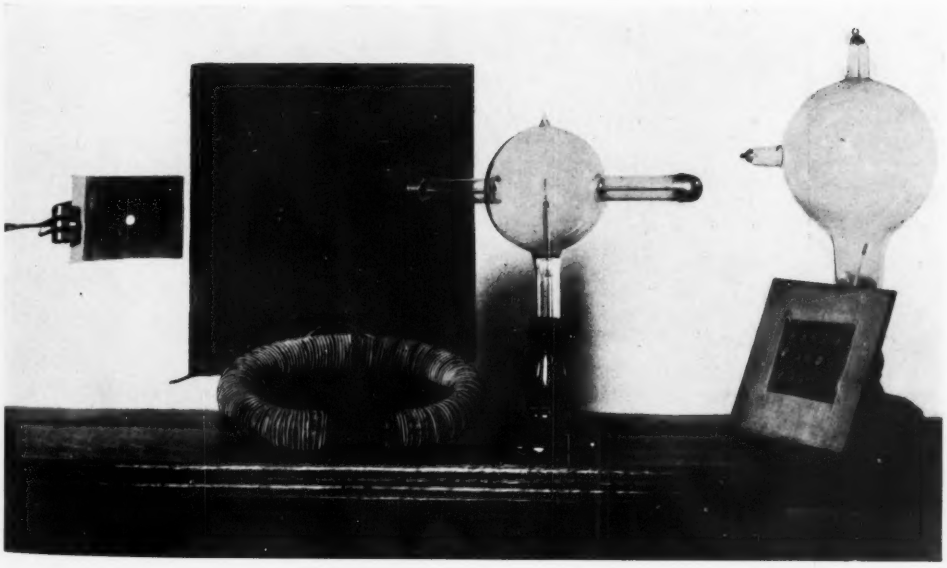
LES RAYONS X EN THÉRAPEUTIQUE, par M. le Docteur J. BELOT, *Electroradiologiste de l'Institut du Cancer de la Faculté de Médecine.*

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES RAYONS X, par M. PAUL BASTIEN, *Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.*

LES RAYONS X ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, par M. MAURICE DE BROGLIE, *de l'Académie française.*



Laboratoire du Professeur RŒNTGEN à Wurtzbourg.



Le tube avec lequel RŒNTGEN fit ses premières expériences.

Le Bureau du Cinquantième Anniversaire de la Découverte de RŒNTGEN.

De gauche à droite :

J. CHEVALIER, Pharmacien principal KERNY, Médecin-Colonel DIDIÉE, MAURICE DE BROGLIE, Docteur BEAU, M. PILON.

A la tribune : Docteur J. BELOT prononçant sa conférence.

Vue sur l'auditoire.

HOMMAGE AUX VICTIMES DES RAYONS X

Par A. DARIAUX.

Monsieur le Représentant du Ministre,
Mesdames, Messieurs,

Au matin de cette journée consacrée par nos Sociétés d'Electroradiologie, la Société française des Physiciens, la Société française des Electriciens et la Société des Ingénieurs civils de France, à la commémoration du cinquantième anniversaire de la découverte des rayons X par Wilhelm Conrad Rœntgen, en décembre 1895, il est juste et digne d'évoquer la mémoire de ceux qui sont morts victimes de ces rayons, dont la nocivité leur était inconnue.

Si j'avais la puissance de faire surgir devant vos yeux cette cohorte de mutilés, médecins, physiciens, savants, manipulateurs et manipulatrices, votre cœur se serrerait d'angoisse; mais seule ma voix frappera vos oreilles. Elle vous dira tous les noms de ces victimes de la science nouvelle. Puisse-t-elle vous unir dans une pieuse pensée et rappeler, aux jeunes radiologistes qui nous succéderont, que les grandes acquisitions de cette science, si bienfaisante par d'autres côtés, ont eu leurs martyrs et que leur devoir sera d'évoquer à leur tour leur mémoire pour les générations futures.

Ces hommes, pour la plupart, ne savaient pas qu'en s'exposant souvent de longues heures à ce rayonnement encore mystérieux, ils seraient victimes de mutilations ultérieures et que, malgré la protection trop tardive, la radiodermite continuerait ses méfaits.

Tous les pionniers du début n'ont pas succombé. Quelques-uns ont su rapidement se protéger et sont devenus les apôtres de la protection. Mais combien d'autres sont morts.

Quand j'étais jeune externe dans un grand hôpital parisien, j'ai vu un de ces hommes travailler, chaque matin, de longues heures avec une ampoule non protégée. J'ai assisté à toutes les amputations qu'il a subies : doigts, mains, avant-bras, désarticulation de l'épaule, et malgré toutes ces mutilations, il a vécu longtemps encore et n'est mort que ces dernières années.

J'ai vu un de mes maitres et ami, amputé d'un bras, mourir dans d'atroces douleurs occasionnées par un néoplasme vertébral secondaire à ses radiodermites.

Je vais vous citer tous les noms que j'ai pu réunir; j'en oublierai peut-être, car il y a des victimes obscures; je ne vous dirai qu'un mot de chacun d'eux, car ils sont nombreux. En leur mémoire, on a élevé à Hambourg, en 1936, un monument à toutes les victimes de toutes les nations :

1. **Dr BARROIS :**
   Radiologiste à Toulon depuis 1904.
   Amputé de plusieurs doigts.
   Mort en 1924.

2. **Dr BEAUJARD :**
   Ancien Président de la Société de Radiologie.
   Radiologiste de l'Hôpital Bichat.
   L'un des radiothérapeutes les plus distingués.
   Il fit de nombreux travaux sur le traitement des leucémies; sur l'action des rayons X sur le sang, sur le tissu nerveux, sur les maladies de la moelle, sur la maladie de Basedow.
   Il mourut en juillet 1937, de lésions métastasiques à la suite de l'amputation d'un doigt en 1932.

3. **Prof. BERGONIÉ :**
   Professeur de Physique à la Faculté de Bordeaux.
   Il fut, dès 1897, l'un des premiers pionniers de la science nouvelle.
   Auteur de nombreux travaux.
   Fondateur des *Archives d'Electricité médicale*.
   Auteur, avec l'un de ses élèves, Tribondeau, de la loi sur la sensibilité des cellules.
   Créateur du Centre anticancéreux de Bordeaux.
   Il eut successivement une amputation de la main, une désarticulation de l'épaule, et il mourut le 2 janvier 1925, de métastases thoraciques.

4. **Dr BLANCHE :**
   Radiologiste des Hôpitaux de Paris.
   Eut de nombreuses radiodermites et fut opéré d'un sarcome en 1928, dont il mourut quelques mois plus tard.

5. **Dr BŒTEAU :**
   Radiologiste des Hôpitaux du Mans.
   Fut amputé à plusieurs reprises et mourut le 15 mai 1911.

6. **Dr DE BOISSIÈRE :**
   Né en 1875, à Montauban.
   Radiologiste des Hôpitaux du Havre.
   Amputé en 1927 de l'index gauche, et en 1928 du bras gauche.
   Mourut le 2 janvier 1930, d'une métastase pulmonaire.

7. **Dr BONNIOT :**
   Radiologiste de l'Hôpital Broussais depuis 1908
   Pendant la guerre 1914-1918, il fit de nombreux examens radiologiques sans se protéger.
   En 1930, on lui amputa un doigt; il mourut quelmois plus tard.
   Il avait consacré une partie de sa vie à faire connaitre l'œuvre littéraire de son beau-père Stéphane Mallarmé.

8. **Prof. BORDIER :**
Radiologiste de Lyon.
A fait de nombreux travaux d'électroradiologie et a traité, par électrocoagulation, beaucoup de ses confrères atteints de radiodermites.
Mort des suites de lésions cutanées ayant nécessité plusieurs amputations.

9. **Mme BOULIC :**
Assistante du Pr CASTEX à l'Institut anticancéreux de Rennes.
Mourut en 1934, d'une anémie très grave occasionnée par les rayons X.

10. **Mme DE BRANCAS :**
Radiologiste de la Clinique Baudelocque.
Mourut en 1936, après l'amputation d'un bras.

11. **Dr CAILLODS :**
Radiologiste des Hôpitaux de Besançon.
Mourut le 2 janvier 1929, après de nombreuses amputations de doigts et du bras gauche, d'une métastase médiastinale.

12. **Dr CARRÉ :**
Vétérinaire, venu tard à la médecine.
Radiologiste des Hôpitaux de Cherbourg.
Mourut en 1920, de radiodermite de l'aile gauche du nez.

13. **Prof. CASTEX :**
Professeur de Physique à la Faculté de Rennes.
Un des premiers pionniers de la science nouvelle. Eut de nombreuses radiodermites très graves et mourut d'une angine de poitrine le 21 décembre 1931.

14. **Dr CHABRY :**
Ancien interne des Hôpitaux de Paris.
Mourut en 1930, après plusieurs amputations et une désarticulation de l'épaule.

15. **Dr CHAPERON :**
Assistant du Dr A. BÉCLÈRE et du Dr DELHERM.
Radiologiste des Hôpitaux.
Mourut en 1930, d'une leucémie grave occasionnée par les rayons X.

16. **Dr CHAUFFOUR :**
Assistant des Hôpitaux de Paris.
Chef du Service de Radiologie de Saint-Joseph.
Meurt lui aussi d'une leucémie grave en 1932.

17. **Dr CHUITTON :**
Radiologiste des Hôpitaux de Brest.
Meurt en 1936, après plusieurs amputations.

18. **Dr DARBOIS :**
Ancien Président de la Société de Radiologie.
Radiologiste de l'Hôpital Tenon.
Mourut d'une anémie grave en 1942.

19. **Dr DEGOUY :**
D'Amices. Directeur de l'Ecole de Médecine.
Meurt le 30 juillet 1933, après de nombreuses amputations de doigts et d'une grave radiodermite du visage avec nécrose du maxillaire inférieur.

20. **Dr DESTOT :**
Radiologiste des Hôpitaux de Lyon.
Auteur d'un ouvrage devenu classique sur les fractures.
Est atteint de radiodermite en 1902.
Meurt en 1918, après plusieurs amputations.

21. **M. Fernand DUCRETET :**
Fils du constructeur bien connu.
Fut l'une des premières victimes des rayons X.
Dès 1897, il travailla dans le laboratoire de son père. Quelques années plus tard, il eut une radiodermite très grave des paupières, puis de la main. Il mourut en 1927, dans des souffrances atroces.

22. **Dr C. DUCROQUET :**
Utilisa un des premiers les rayons X pour les réductions de fractures.
En 1913, il fut amputé de l'annulaire droit, puis de l'avant-bras.
Il mourut le 14 mai 1929, d'une carcinomatose généralisée, après vingt interventions chirurgicales.

23. **Dr L. DUMONT :**
Mourut en 1924, d'une anémie pernicieuse, après avoir pratiqué de nombreux examens radiologiques pendant la guerre.

24. **Dr R. GOETZ :**
Médecin Commandant. Radiologiste des Hôpitaux militaires.
Mourut de leucémie à 46 ans, après un service très actif.

25. **Prof. T. GUILLOZ :**
Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.
Auteur de nombreux travaux, inventeur d'un tube à deux anticathodes pour la stéréoradiographie.
Mourut en mars 1916, après de nombreuses amputations.

M. JACQUOT :
Son aide, est également mort victime de radiodermites, avec amputations.

26. **Dr G. HARET :**
Radiologiste des Hôpitaux de Paris.
Secrétaire général de la Société de Radiologie médicale de France, depuis sa fondation jusqu'en 1930.
Auteur d'intéressants travaux.
Il eut, pendant de nombreuses années, des lésions de radiodermite. Il fallut amputer un doigt en 1930, puis désarticuler le bras en 1932.
Il mourut le 21 décembre 1932, âgé de 58 ans, d'une métastase vertébrale terriblement douloureuse.

27. **Dr F. JAUGEAS :**
Brillant élève du Dr A. BÉCLÈRE.
Assistant des Hôpitaux.
Auteur d'un des premiers Précis de Radiologie.
Mourut en 1919, électrocuté par la haute tension au cours d'un examen radioscopique.

28. **M. C. INFROIT :**
Directeur du Laboratoire central de Radiologie de la Salpêtrière.
Fut un des premiers ouvriers de la radiologie.
Il eut depuis 1910, jusqu'à sa mort en 1928, de très nombreuses amputations avec désarticulation de l'épaule droite.

29. **Dr W. DE KEATING HART :**
Fit de nombreuses études sur le cancer et pratiqua la fulguration.
Il fut amputé plusieurs fois et mourut en 1922, d'une généralisation cancéreuse.

30. Dr **M. KROUCHKOLL** :

Que les médecins de ma génération ont connu comme chef des Travaux pratiques du P. C. N.
Il fit de nombreux travaux sur les tubes à rayons X et mourut en 1909, d'une anémie pernicieuse.

31. Dr **P. LEDON** :

Assistant de Radiologie à l'Hôpital de la Conception, à Marseille, puis au Centre anticancéreux.
Il eut de graves radiodermites aux deux mains et mourut d'un accident électrique en octobre 1929.

32. Dr **LERAY** :

Chef du Service central de Radiologie de Saint-Antoine.
Malgré de nombreuses radiodermites aux mains et malgré quelques doigts amputés, il fit pendant la guerre un nombre considérable d'examens.
Il mourut dans de violentes souffrances.

33. Dr **LOBLIGEOIS** :

Ancien Président de la Société de Radiologie.
Radiologiste de l'Hôpital Trousseau.
Conseiller municipal de Paris.
Fut successivement amputé des doigts, des mains et des bras.
Mourut en 1941.

34. Dr **MALMEJAC** :

Radiologiste à l'Hôtel-Dieu et aux armées pendant la guerre 1914-1918.
Il fut cité par Bergonié comme « un martyr de la science et de la guerre mondiale ».
Il mourut en 1918, d'une grippe infectieuse à laquelle, trop profondément anémié, il ne put résister.

35. Dr **MARQUÈS** :

Radiologiste à Toulouse.
S'intéressa, dès le début de sa carrière médicale, aux rayons X et à l'électrothérapie.
En 1926, il se fit électrocoaguler une lésion dégénératrice, et malgré l'éloignement des rayons depuis 1934.
Il mourut en 1937 d'une anémie hyperchrome.

36. Dr **M. MÉNARD** :

Radiologiste de l'Hôpital Cochin.
S'intéressa aux rayons X dès 1896.
Il fit de nombreux travaux de radiologie.
En 1914, il fut amputé de l'index gauche.
Malgré cette mutilation, il ne cessa de faire des examens pendant la guerre ; puis il eut des lésions du visage, une énucléation de l'œil gauche et mourut d'une métastase cérébrale à 53 ans.

37. **M. E. PUTHOMME** :

Chef du Service de Radiographie de la Salpêtrière, après la mort d'Infroit en 1921.
Il mourut en novembre 1933, d'une anémie pernicieuse.

38. **M. RADIGUET** :

Grand-père de notre ami Massiot. Etait originaire d'une vieille famille parisienne d'artisans ayant créé la célèbre firme d'optique, boulevard des Filles-du-Calvaire.
Dès la découverte des rayons X, il s'intéressa à cette science.
Il eut de nombreuses lésions de radiodermite contractées au cours de ses recherches sur les tubes à vide.
Il mourut en 1925, après cinq ans de terribles souffrances.

39. Dr **M. REISS** :

Alsacien. Radiologiste de l'Hôpital Sainte-Blandine, à Metz.
En 1920, redevenu Français, il continue ses travaux en radiothérapie profonde.
Il mourut en 1922, après une amputation de la main droite et du bras.

40. Sœur **GLOSSINDE** :

Sa fidèle collaboratrice, eut un sort semblable.
En 1926, on lui amputa l'avant-bras droit et elle mourut en 1927.

41. Dr **J. P. RICHARD** :

Radiologiste des Hôpitaux du Havre.
Mourut en 1925, après de nombreuses amputations et une radiodermite très grave du visage.

42. Dr **SORET** :

D'abord professeur au Lycée du Havre; s'occupa de radiologie dans son laboratoire.
Il fit ses études de médecine et devint radiologiste des Hôpitaux du Havre.
En avril 1914, il fut amputé du deuxième métacarpien gauche; puis en 1920, de l'index droit; puis de la main droite.
Il mourut en 1929, à 78 ans, après l'amputation des deux mains.

43. Dr **SUQUET** :

Radiologiste de l'Hôpital de Nîmes.
Eut de nombreuses amputations de doigts et mourut en septembre 1918.

44. **Abbé TAULEIGNE** :

Curé de Pontigny, dans l'Yonne.
S'intéressa, en dehors de ses charges paroissiales, à l'électricité et à la télégraphie.
Il inventa un relais, un microphone, un condensateur prismatique pour projections doubles, et fit de nombreuses découvertes.
Mobilisé pendant la guerre, il fut affecté au service de radiologie d'un hôpital.
Il s'occupa de la localisation des corps étrangers, de la stéréoradiographie et de l'absorption du rayonnement secondaire.
Il eut de graves radiodermites. Il perdit un œil et mourut en juin 1926, dans son presbytère.

45. **M. VAILLANT** :

Chef du Service de Radiographie de l'Hôpital Lariboisière.
Après plusieurs années d'un travail intensif sans protection, il eut de nombreuses radiodermites et fut amputé successivement de plusieurs doigts, d'un bras et d'un avant-bras.
Nommé grand officier de la Légion d'honneur.
Il mourut aux Invalides en 1942.

46. Mlle **B. WIEDMANN** :

Infirmière d'Infroit, à la Salpêtrière, présenta de nombreuses lesions aux mains, aux bras et à la poitrine; elle mourut amputée des deux bras.

Ma liste est terminée : j'ai certainement oublié d'autres noms; je ne vous ai pas cité les victimes du radium.

Je ne vous ai pas parlé non plus de tous ceux qui, ayant travaillé de nombreuses années dans les laboratoires, sont morts jeunes encore de maladies auxquelles n'a pu résister un organisme anémié par les radiations. Eux aussi sont des victimes des rayons X.

Et maintenant, Monsieur le Représentant du Ministre, Mesdames, Messieurs, observons une minute de silence, recueillons-nous et promettons de ne jamais oublier leur mémoire.

Avant de terminer, je voudrais, en votre nom à tous, envoyer un salut amical aux Drs TURCHINI et BELLE, qui supportent vaillamment dans la retraite leurs très graves mutilations.

PREMIÈRE COMMUNICATION, EN FRANCE, SUR LES APPLICATIONS MÉDICALES DE LA DÉCOUVERTE DE RŒNTGEN

Par le Docteur L. DELHERM,
ancien Président de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie.

C'est au nom de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie médicale que j'ai l'honneur de prendre la parole.

Elle existait déjà lors de la découverte de RŒNTGEN, mais elle était jeune et elle n'avait pas de *Bulletin*. Les comptes rendus paraissaient dans la *Revue d'Hygiène thérapeutique*, dont le Rédacteur

Première radiographie obtenue en France,
par le Docteur OUDIN (1896).

en chef était le Dr DESCOURTIS, qui fut Secrétaire général de la Société. A l'occasion de la découverte de RŒNTGEN, DESCOURTIS fit, tout au début de 1896, un *Bulletin* dont nous avons l'honneur de vous donner lecture :

« L'attention du monde savant a été vivement sollicitée, dans ces derniers temps, par la découverte du Pr RŒNTGEN, concernant ces rayons lumineux, invisibles pour notre œil, mais capables d'impressionner une plaque photographique, et sur lesquels certains médecins ont fondé tant d'espérances. Voici comment le Dr OUDIN expose la découverte du professeur de Wurzbourg :

« Tous ceux, dit-il, qui se sont occupés quelque peu d'études physiques, connaissent ce petit instru-
« ment dont on a fait un jouet pour l'amusement des enfants et qu'on désigne sous le nom de tube de
« Geissler. Si, au lieu du vide relatif qui existe dans ce tube, on fait un vide presque absolu, on cons-
« tate qu'au lieu de la lueur brillante que nous connaissons, l'intérieur du tube reste à peu près obscur,

« et que du pôle négatif partent des rayons étudiés et décrits par le Pr Crookes, sous le nom de rayons « cathodiques, qui jouissent de propriétés spéciales au point de vue physique; il se produit une fluo- « rescence verdâtre, très vive, de laquelle partent des rayons obscurs et invisibles pour nos yeux, « et qui traversent les corps opaques qui ne sont pas trop épais et servent à impressionner toute « plaque photographique mise en regard. Il suffit donc de prendre une plaque photographique ordi- « naire, de l'envelopper de plusieurs doubles de papier noir, de fixer celle-ci à 10 cm. environ du tube « donnant les rayons cathodiques et d'interposer, entre le foyer de lumière et elle, l'objet ou l'organe « dont on veut chercher la perméabilité.

« Cela étant, on fait traverser le tube par un courant d'une bobine de Ruhmkorff, donnant « 6 à 8 cm. d'étincelles, en disposant le tube de façon que les rayons viennent autant que possible « frapper perpendiculairement la plaque et l'objet interposé. On continue la pose pendant dix à vingt « minutes, suivant le rendement en rayons cathodiques du tube de Crookes que l'on emploie. Après « cela, on développe comme toute autre photographie. »

« Par ce procédé on obtient d'abord la photographie d'une main humaine. Les rayons de Rœntgen, traversant les os moins bien que les parties molles, projettent sur la plaque sensible une image de ces os dont les contours deviennent plus ou moins nets. Par suite, il est possible de reconnaître les déformations osseuses, la présence et l'emplacement de corps étrangers métalliques, enfin de faire des diagnostics utiles pour le médecin et surtout pour le chirurgien.

« Une balle de revolver arrêtée entre les métacarpiens dans l'un des espaces interosseux se révèle par une tache noire, le plomb arrêtant également les rayons. Cette épreuve a été faite par un médecin de Vienne.

« Une autre fois, on a constaté le point d'implantation d'une aiguille que les moyens habituels d'investigation n'avaient pas permis de découvrir. Une petite incision a suffi pour l'atteindre et pour l'enlever.

« Bien plus, on a pensé qu'il serait facile de photographier un volvulus, une tumeur, un anévrysme, en un mot tous les organes internes avec leur état sain ou pathologique. Malheureusement, il semble impossible d'obtenir des photographies de ce centre par lumière réfléchie, ce qui réduit les résultats à de simples ombres chinoises d'os ou d'objets métalliques. Il n'en est pas moins intéressant pour nous de savoir que certains rayons lumineux peuvent traverser les corps et en particulier les tissus vivants.

« Déjà, nous avions signalé dans cette *Revue* les expériences de M. Onimus, prouvant que la lumière solaire est capable d'impressionner des plaques photographiques à travers une main humaine. D'un autre côté, M. Le Bon a publié des recherches fort intéressantes sur un sujet analogue, sur la lumière noire, comme il l'appelle. Sans savoir si ces découvertes conduiront à admettre l'unité des agents physiques, à identifier toutes les forces à distance, sans savoir si elles fourniront des applications fréquentes à la médecine et à la chirurgie, comme moyens de diagnostic, il est incontestable qu'elles prouvent, ce que nous avons dit bien des fois, que l'être humain est soumis à l'influence d'un grand nombre de forces naturelles qu'il doit chercher à utiliser pour l'entretien de sa santé et pour la guérison de ses maladies. L'avenir de la médecine est là, et tout indique que nous y arrivons à grands pas. »

Puis-je ajouter la réflexion que me fait, dans une lettre reçue le 10 décembre, notre collègue Bouchacourt, qui est certainement le doyen des médecins électroradiologistes parisiens. Il s'agit de la façon dont fut accueillie la découverte de Rœntgen à ses débuts, dans les milieux scientifiques.

« Parmi les précurseurs, dit-il, il ne faut pas oublier Paul Bary, alors jeune accoucheur, et qui fit à la Clinique d'accouchement de la rue d'Assas, à la demande de son maître Tarnier, une conférence sur cette nouvelle découverte scientifique. Or, Tarnier reçut ultérieurement un blâme du Doyen de l'époque, Paul Brouardel, pour avoir ouvert les portes d'un local de la Faculté à une véritable mystification. »

VIE ET TRAVAUX DE RŒNTGEN

Par JEAN CHEVALIER,

Président de la 8e Section de la Société des Ingénieurs civils de France,
Président du Comité national de l'Organisation française.

Depuis cent cinquante ans, de père en fils, les RŒNTGEN étaient tisserands et chaudronniers à Lennep, petite ville de 5.000 habitants de la Province Rhénane, à 34 km. à l'est de Dusseldorf, lorsque 1848 fit passer un vent de révolution sur l'Europe. Le RŒNTGEN de ce temps-là, FRIEDRICH, avait épousé, à 41 ans, sa cousine CHARLOTTE FROWEIN, qui en avait 36. L'oncle FROWEIN, était aussi d'une vieille famille de marchands de Lennep, mais il avait fait fortune à Amsterdam, il s'y était marié, et il s'était finalement retiré à Apeldoorn, en Hollande.

La crise de 1848 dégoûta FRIEDRICH RŒNTGEN des affaires et de la Prusse : il alla s'installer, avec sa femme et son petit garçon de 3 ans, à Apeldoorn, auprès de son beau-père. Il partit sans espoir de retour : dix jours après sa demande d'émigration au bureau de Dusseldorf, le 23 mai 1848, il signait sa renonciation à la qualité de sujet du roi de Prusse.

A Apeldoorn, il mena une vie sans histoire. Les seuls ennuis qu'il eut lui vinrent de son fils, WILHELM CONRAD RŒNTGEN, dont nous célébrons aujourd'hui le centenaire — il est né à Lennep le 27 mars 1845 — en même temps que le cinquantenaire de la découverte des rayons X. On ne peut pas dire que WILHELM RŒNTGEN était un mauvais garçon, mais ce n'était pas un brillant élève. A 18 ans, il s'était fait mettre à la porte de l'Ecole technique élémentaire d'Utrecht, où il commençait seulement sa préparation à une école technique supérieure. Le cas n'était pas pendable : il s'agissait d'une caricature d'un maître qui n'était même pas son œuvre; un bon élève n'aurait pas été soupçonné; lui avait été renvoyé.

Bien qu'il ne fût pas passé par le lycée, sa famille avait alors cherché à le faire inscrire à l'Université d'Utrecht. Un ami de son père s'était chargé de le recommander à un examinateur. Le malheur voulut que cet examinateur tombât malade la veille de l'examen et fût remplacé par l'un des professeurs qui avaient fait prononcer l'expulsion de l'Ecole technique. RŒNTGEN dut renoncer à tout espoir d'obtenir son inscription régulière à l'Université. La seule chose qui lui fût possible fut de s'inscrire comme auditeur libre à la Faculté des Lettres.

C'était un grand gaillard de 20 ans, solidement planté, savant patineur, bon écuyer, jouant agréablement la comédie dans les réunions de famille. Il ne lui manquait que d'être capable de passer les examens.

Ses parents commençaient à se dire qu'ils auraient mieux fait de le mettre dans le commerce, lorsqu'un jeune Suisse de ses amis lui parla de l'Ecole Polytechnique de Zurich : les étudiants étrangers y entraient sur simple examen, sans avoir à justifier d'études secondaires. C'était tout à fait ce qu'il fallait à RŒNTGEN. Il se présenta, fut reçu, et entra à l'Ecole Polytechnique de Zurich le 14 novembre 1865.

Il en sortit en 1868, avec le diplôme d'ingénieur mécanicien. Mais il avait contracté coup sur coup deux maladies graves : il avait pris le goût des études et il était tombé amoureux. La première était incurable. La seconde n'était pas sans remède : bien que BERTHA LUDWIG, la fille du patron de café *Zum Grünen Glas*, rendez-vous des étudiants, fût de six ans plus âgée que lui, sa famille ne fit pas obstacle au mariage qui fut simplement différé jusqu'en 1872.

Dire que ce ne fut pas pour les beaux yeux de BERTHA LUDWIG que RŒNTGEN décida de rester une année de plus à Zurich s'accorderait mal avec la vérité historique. Mais cette année qu'il se donna pour passer son doctorat ès sciences physiques (il obtint le titre le 22 juin 1869, avec une thèse : « Etudes sur les gaz »), cette année le mit en rapport avec un jeune professeur de 30 ans, AUGUST KUNDT, qui était un expérimentateur de grande classe.

Plus encore que les leçons de CLAUSIUS sur la théorie mécanique de la chaleur, ce furent les expériences de KUNDT qui lui firent comprendre combien HAMLET avait raison de dire qu'il y a plus de choses dans le ciel et la terre que n'en peut rêver la philosophie. Son doctorat passé, il s'en vint demander conseil à KUNDT sur l'orientation à donner à sa vie. Le jeune professeur finit de le gagner aux sciences expérimentales et se l'attacha comme assistant.

A 24 ans, RŒNTGEN n'a rien du brillant universitaire dont la valeur scientifique est certifiée, étalonnée par une longue série de succès scolaires. Il n'a pas une solide culture classique de base, et il ne se dissimule rien de ce que son double titre d'ingénieur et de docteur peut devoir à l'indulgence des examinateurs à l'égard des étudiants étrangers. D'autres abordent la vie pleins d'assurance, certains de tout savoir; lui manque de cette confiance en soi que donnent les premiers succès. Il étudiera et expérimentera sans cesse pour compléter des connaissances qu'il jugera toujours insuffisantes.

KUNDT l'emmène avec lui, à l'Université de Wurzbourg d'abord, puis à celle de Strasbourg où il est nommé en 1872. A Strasbourg, en pays annexé, l'Université allemande, tout nouvellement créée, est moins stricte sur les titres des professeurs. KUNDT parvient à faire nommer son assistant privat-docent du nouvel Institut de Physique, le 13 mars 1874.

C'est le pied à l'étrier. Un intermède d'un an à l'Ecole d'Agriculture d'Hohenheim (Wurtemberg) permettra à KUNDT de rappeler son disciple à Strasbourg en 1876, avec le titre de professeur adjoint.

RŒNTGEN avait déjà publié, dans les *Annales de Physique et de Chimie*, divers mémoires où s'étaient affirmées sa méthode dans la recherche et sa rigueur dans l'expérimentation : sur les chaleurs spécifiques, sur les décharges d'électricité, sur une variante de la méthode de SÉNARMONT pour la détermination des aires isothermes dans les cristaux, sur une application du calorimètre à glace pour la détermination de l'intensité du rayonnement solaire, etc. Après diverses études de 1878 sur la capillarité, sur un baromètre anéroïde, sur une méthode pour la production d'isothermes dans les cristaux et sur les décharges d'électricité dans les isolateurs, il donne, en 1879, le résultat de ses recherches, en collaboration avec KUNDT, sur la rotation électromagnétique du plan de polarisation de la lumière dans la vapeur de bisulfite de carbone et d'autres gaz.

Ces travaux lui valurent d'être nommé en 1879 professeur de physique à l'Université de Giessen, où il passa neuf années qui furent marquées par d'importantes recherches sur les phénomènes pyro-électriques et piézo-électriques, sur la viscosité et la compressibilité des liquides, sur les effets magnétiques produits par le déplacement d'un diélectrique dans un champ magnétique.

Ces dernières études consacrèrent sa réputation de physicien, à tel point que l'Université d'Utrecht, qui n'avait pas voulu le compter au nombre de ses étudiants, lui offrit en 1888 une chaire de professeur, en hommage au profond savoir et au réel génie expérimental qu'attestait la haute tenue scientifique de ses publications dans les *Annales de Physique et de Chimie*. Son mémoire *sur la Force électromagnétique engendrée par le déplacement d'un diélectrique dans un champ électrique homogène* fut présenté en 1888 à l'Académie des Sciences de Berlin par HELMHOLTZ, et il fut nommé professeur de physique à l'Université de Wurzbourg le 1er octobre de la même année.

A Wurzbourg, ses expériences portent, jusqu'en 1894, principalement sur la compressibilité des liquides et sur l'influence des variations de pression sur la compressibilité, la capillarité, la viscosité et la réfraction de la lumière en divers corps. Et voici que l'année 1895 tout entière s'écoule sans qu'il donne la moindre communication, ni aux *Annales de Physique et de Chimie*, ni ailleurs. En novembre 1895, il ne sort à peu près plus de son laboratoire; il y prend ses repas et il y couche. A son ami BOVERI, il annonce simplement qu'il a trouvé quelque chose d'intéressant, mais qu'il ne sait pas si ses observations sont correctes ou non.

Il se proposait de reprendre les récentes expériences de LENARD sur les rayons cathodiques. En 1868, HITTORF avait découvert que, dans un tube à vide très poussé dont les électrodes sont reliées à une bobine de Ruhmkorff, la cathode produit une émission de rayons striée d'alternances d'ombre et de lumière. LENARD avait démontré que ces rayons cathodiques se répandent à travers tous les corps.

RŒNTGEN s'était mis à l'étude des rayons cathodiques invisibles, et il lui était venu à l'idée de faire usage de l'écran de papier enduit de platinocyanure de baryum dont on se sert pour déceler les rayons invisibles du spectre solaire : ultra-violets et infra-rouges.

Il avait enfermé les tubes de Lenard et de Crookes dans des carapaces de carton noir, de manière à observer sur l'écran la fluorescence des seuls rayons qui passeraient par l'étroite fenêtre du tube de Lenard.

Dans la soirée du 8 novembre 1895, au moment de commencer ses expériences, à la première décharge de courant à haute tension dans le tube de Crookes, il s'aperçut d'une ombre sur le papier au platinocyanure de baryum. Dans l'obscurité totale du laboratoire, l'écran fluorescent brillait avant même que le tube laissât passer des rayons par la fenêtre de son enveloppe opaque. Vérification faite, il n'y avait pas d'autre source lumineuse que le tube, et tous les rayons, même les ultra-violets, étaient rigoureusement interceptés par le carton étanche. Il fallait donc admettre que l'effet luminescent était produit par des rayons qui avaient filtré à travers le carton noir.

RŒNTGEN multiplia les décharges, éloigna l'écran jusqu'à une distance de 2 mètres du tube, interposa un livre de 1.000 pages entre le tube et l'écran fluorescent : les rayons invisibles traversèrent tout aussi bien le gros volume que la feuille de carton et firent briller l'écran même à 2 mètres des appareils.

Voilà la découverte qui le tenait claquemuré dans son laboratoire, rivé à ses tubes de Crookes et à sa bobine de Ruhmkorff, sans autre lumière que celle de l'écran au platinocyanure de baryum. Ces rayons inconnus, qui passaient à travers tous les corps, il les baptisa *rayons X*, et il n'eut de répit qu'il n'eût établi scientifiquement leurs propriété et leurs particularités. Pendant six semaines, il fit expérience sur expérience pour s'assurer des conditions dans lesquelles ils traversaient les différents corps, de la feuille de platine de 0,2 mm. d'épaisseur à la plaque d'aluminium de 15 mm., vérifiant ainsi que les corps sont transparents aux rayons X en raison inverse de leur densité.

En interposant sa main entre l'écran et la source, il eut la surprise de voir se découper l'ombre opaque des os sur la pénombre de la chair, et cela lui donna l'idée de faire des photographies à travers les corps opaques. Son premier beau cliché fut celui de la main de Mme RŒNTGEN. Il le prit le 22 décembre 1895. Il photographia aussi une boussole dans sa boîte, une série de poids de cuivre dans son coffret, le flux de rayons à travers la porte de son laboratoire, etc. Puis, d'une écriture posée, il consigna le résultat de ses expériences dans un mémoire *sur une nouvelle sorte de rayons* (« *Ueber*

eine neue Art von Strahlem »), qu'il remit le 28 décembre 1895 au Président de la Société de Physique médicale de Wurzbourg, en vue de l'impression dans les *Annales* de la Société, en attendant la reprise des séances après les fêtes du nouvel an.

Cette communication préliminaire, distribuée dans les premiers jours de janvier 1896, eut un retentissement immédiat dans tout le monde savant. La Société de Physique de Berlin célébrait justement son cinquantenaire le 4 janvier 1896. Seul, le Président de la Société ne prit pas garde à la découverte de RŒNTGEN, mais tous les hommes de science réunis à Berlin à cette occasion se penchèrent avec une curiosité intense sur les clichés de leur collègue. Le Kaiser invita RŒNTGEN à faire une démonstration à Postdam le 13 janvier 1896, le retint après dîner jusqu'à minuit et le décora lui-même de l'ordre de la Couronne de Prusse.

Le 23 janvier 1896, RŒNTGEN présente sa communication à la Société de Physique médicale de Wurzbourg, mais déjà son nom a fait le tour du monde. La *Frankfurter Zeitung* a annoncé la découverte sensationnelle dans son numéro du 5 janvier. L'information, reproduite par toute la presse allemande, a été diffusée en Angleterre par le journal *Standard* le 7 janvier, avec l'assurance qu'il ne s'agit ni d'une plaisanterie ni d'une mystification. La presse américaine a donné la nouvelle le 8 janvier. En France, le *Matin* l'a donnée le 13 janvier, l'*Illustration* le 25, d'après le compte rendu fait à l'Académie des Sciences par HENRI POINCARÉ, le 20 janvier.

C'est alors une avalanche d'honneurs qui déferle sur ce savant modeste entre tous. Le 3 mars 1896, sans attendre la seconde communication, *sur la nouvelle note de rayons*, qu'il doit faire le 9 pour rendre compte de ses toutes dernières expériences, l'Université de Wurzbourg lui décerne le titre de docteur en médecine *honoris causa*. Le 16 avril, le Conseil municipal de sa ville natale le fait citoyen d'honneur de Lennep. Le Prince régent de Bavière le décore de l'ordre de la Couronne de Bavière, qui confère la noblesse personnelle, mais RŒNTGEN est de ceux qui estiment que la noblesse tient au caractère, non aux parchemins, et il dédaigne de faire enregistrer ses droits à la particule nobiliaire. Il en fera d'ailleurs la remarque au premier fonctionnaire qui s'avisera de lui donner du Professor Doktor VON RŒNTGEN. Le Prince de Bavière rectifiera en lui conférant le titre d'Excellence, le 25 décembre 1908.

Il est élu membre correspondant des Académies des Sciences de Berlin et de Munich, membre d'honneur d'un grand nombre de sociétés savantes. La Royal Society de Londres lui décerne sa médaille Rumford; notre Académie des Sciences, son prix Lacaze en 1897.

Le 1er avril 1900, il est nommé professeur de physique à l'Université de Munich, directeur de l'Institut de Physique de cette Université, puis conservateur de l'Institut de Physique métronomique de Bavière et membre de l'Académie des Sciences de Munich. En même temps, notre Académie de Médecine l'élit membre non résident.

En 1901, le prix Nobel de physique est décerné pour la première fois, et c'est à RŒNTGEN qu'il est attribué.

Membre d'honneur d'une quarantaine de Sociétés savantes de tous les pays du monde, RŒNTGEN restera toute sa vie le savant modeste qui pense que les honneurs ont peu de sens à côté de la satisfaction intime d'avoir résolu un problème difficile ou d'avoir fait une découverte utile à l'humanité. Il continue de donner ses leçons de physique expérimentale avec la même simplicité qu'au temps où il était l'adjoint de KUNDT à l'Université de Strasbourg.

Il ne peut rien ajouter à sa gloire, mais il peut encore faire de nouveaux apports à la science. Il donne en mai 1897 de nouvelles observations sur les propriétés des rayons X, puis en 1907, 1913 et 1921, trois mémoires *sur la conductivité de l'électricité dans divers cristaux et sur l'influence de l'irradiation sur ces cristaux*, et, en 1914, de nouvelles investigations sur la pyro-électricité et la piézo-électricité.

L'effondrement de l'Allemagne, le 11 novembre 1918, fut pour lui un coup terrible. C'était la fondation de l'Université allemande de Strasbourg, après l'annexion de l'Alsace par le traité de Francfort, qui lui avait ouvert la carrière. « La perte de l'Alsace, spécialement de Strasbourg, écrit-il le 22 novembre 1918 à Mme BOVERI, est particulièrement tragique pour moi, car j'étais là dans le temps où l'Université fut fondée dans un enthousiasme délirant, et c'est là que j'ai passé une des plus belles et des plus productives périodes de ma vie. Parfois, je contemple la vue de Strasbourg qui est dans ma chambre et je murmure le vieux chant : *O Strassburg, O Strassburg, du wunderschöne Stadt.* »

Ce deuil fut suivi d'un autre non moins cruel : Mme RŒNTGEN mourut le 31 octobre 1919, après une longue maladie. Le vieux savant sentit alors le poids des ans. Au printemps de 1920, il avait 75 ans, il abandonna sa chaire de physique à l'Université de Munich. On vit encore quelque temps sa haute silhouette et sa longue barbe blanche dans les laboratoires de l'Institut de Physique, il passa en Suisse les étés de 1921 et 1922, fit en novembre 1922 une dernière visite à la tombe de ses parents à Giessen, prit encore part à une réunion à l'Université de Munich en janvier 1923. Une courte maladie l'emporta le 10 février 1923.

Messieurs, de toutes ces choses du ciel et de la terre qui surpassent les rêveries de la métaphysique, ce savant avait choisi celles qui tombent le moins sous les sens, celles qu'on ne perçoit pas, et il avait entrepris de les révéler aux hommes. A dérober à l'électricité ses secrets, il ne mit ni le génie d'un héros de légende, ni l'audace d'un Prométhée ravissant le feu du ciel. Nul n'était moins prédestiné que lui, auquel les maîtres chargés de l'instruire avaient refusé l'accès de l'Université, et nul n'était moins audacieux dans ses affirmations.

Ce qu'il a fait — d'autres vous décriront le champ d'application des rayons X — il l'a fait avec

les seuls moyens de sa raison, de sa raison dont il connaissait toute la faiblesse, mais qu'il savait soutenue par la méthode expérimentale. Ce qui pour nous est digne d'émerveillement, ce n'est pas que les Dieux tout puissants fassent des choses prodigieuses, c'est que l'homme, avec des moyens aussi bornés, dans le peu de temps qu'il lui est donné de passer sur la terre, dans les vacillements de sa raison a travers les choses de ce vaste monde, arrive à dérober à la nature ses secrets et en tire un parti que les Dieux même n'ont pas su se ménager.

Ce pouvoir de scruter les corps jusque dans leur tréfonds, ce pouvoir de voir à travers les cloisons pour lequel tant de magiciens ont vendu leur âme au diable, RŒNTGEN nous l'a donné pour rien. Devant ce don merveilleux qui, tout au long de ces cinquante années, a guidé la médecine et la chirurgie dans leur lutte contre la douleur et la mort, comment ne pas évoquer ce jugement des professeurs d'Utrecht qui avaient cru devoir débarrasser leur classe d'un élève rebelle à l'étude et imperméable à la science ?

Si le destin n'avait pas cassé ce jugement, les rayons X émis par les tubes de Crookes, au hasard des démonstrations, attendraient encore l'expérimentateur qui les décèlerait, et des milliers d'hommes, de femmes et d'enfants torturés dans leur chair meurtrie continueraient des souffrances que la Science sait aujourd'hui épargner.

Il y a là une grande leçon pour ceux qui font profession d'orienter les jeunes gens vers la carrière qui répond le mieux à leurs aptitudes. Les orienteurs feront bien de se méfier de ne pas trop éliminer les Rœntgen : la République a plus que jamais besoin de savants. RŒNTGEN l'écrivait à Mme BOVERI dans une lettre du 21 juin 1920 : « Pour quelque profession que ce soit, c'est l'expérience de la vie même qui est la véritable épreuve de capacité. »

Sans doute faut-il faire la part du hasard dans sa réussite, mais la vie est tout entière baignée de hasards, et ceux-là seuls savent en profiter qui, par leurs travaux, se sont mis en position de les voir passer à portée de leur main. La chance n'est le plus souvent que la récompense de l'effort persévérant. C'est pour avoir persévéré que RŒNTGEN a réussi.

CINQUANTE ANS DE CONSTRUCTION RADIOLOGIQUE

(1895-1945)

Par H. PILON.

MESDAMES, MESSIEURS,

Avant que d'autres conférenciers vous parlent de l'apport des rayons X au point de vue médical, industriel et scientifique, nous avons pensé qu'il serait intéressant que nous passions en revue l'évolution du matériel radiologique depuis la découverte de RŒNTGEN. Mais vous décrire les principaux types d'appareils qui ont marqué, pendant cinquante ans, les formidables et rapides progrès de ces constructions dépasserait le cadre de cette courte causerie. Aussi me contenterai-je de vous résumer les principales caractéristiques des cinq périodes qui, à mon avis, divisent cette ère du matériel radiologique.

La *première* période est celle qui va de 1895 aux environs de 1905; je l'appellerai : TEMPS PRIMITIFS.

La *deuxième* période est celle qui va de 1905 à 1913; je l'appellerai : TUBES A GAZ.

La *troisième* période est celle qui va de 1913 à 1919; je l'appellerai : TUBES COOLIDGE.

La *quatrième* période est celle qui va de 1919 aux environs de 1935; je l'appellerai : APPAREILS PROTÉGÉS.

Enfin, la *cinquième* période est celle de 1935 environ à nos jours; je l'appellerai : PRÉSENT ET FUTUR.

I. — *TEMPS PRIMITIFS*

Le 8 novembre 1895, RŒNTGEN découvre les rayons X et présente à la Faculté de Wurzbourg les résultats de ses fameuses expériences. Il les avait tout d'abord réalisées avec un tube de Crookes, et le rayonnement était produit sur la paroi de verre qui, naturellement, se détériorait dès que le fonctionnement se prolongeait. Mais, patiemment, RŒNTGEN avait ensuite réalisé l'ampoule qui contenait déjà tous les éléments qui la constituèrent jusqu'en 1913. Cathode en aluminium en forme de coupelle pour centrer le faisceau cathodique; anticathode dont il détermine le meilleur métal pour l'époque : le platine; régulateur de pression à potasse ou à charbon de bois. C'est la description que RŒNTGEN en fait dans sa communication. L'ampoule produit le rayonnement par l'afflux des ions gazeux sur la cathode dont ils extraient les électrons qui, lancés sur l'anticathode par la différence de potentiel appliquée aux bornes de l'ampoule, engendrent les rayons X. De petites bobines de Ruhmkorff ou machines statiques alimentent tant bien que mal ces tubes à vie éphémère.

Alors dans plusieurs pays, la découverte est appliquée pour la radiographie et nombreux artisans se lancent dans ces fabrications. Les ampoules étaient en général constituées d'un ballon de verre sphérique de 10 à 15 cm. de diamètre, avec une anticathode au centre se présentant sous 45° par rapport à l'axe du faisceau, la cathode en aluminium reste en forme de coupelle et de nombreux types de régulateurs permettent de régler plus ou moins la pression interne. Le vide est obtenu par des trompes à mercure manœuvrées à la main. Jusque-là, on ne s'était pas occupé de l'opacité de la paroi aux rayons X, et c'est en 1896 que la Verrerie SCHOTT améliore nettement le rendement en réalisant un verre très transparent aux rayons X. Puis de véritables fabriques se spécialisent dans ces constructions d'ampoules, tandis que les constructeurs de bobines d'induction ou de machines statiques s'ingénient à adapter leurs appareils à ces nouvelles utilisations.

Les ampoules sont construites à la main. Les souffleurs de verre partant d'un ballon fourni par la verrerie y soudent les divers appendices qui supporteront les électrodes. Les passages de courant en platine sont enrobés de cristal réuni ensuite au verre, sans que l'ouvrier n'ait d'autre guide que l'habitude ou les tours de main. Le vide est toujours obtenu au moyen de trompes à mercure dont les vapeurs viennent ultérieurement causer bien souvent de nombreux troubles auxquels on remédiait difficilement.

Bientôt, l'on constata les méfaits que causait aux ampoules « l'onde inverse » des bobines d'induction, et ce fut l'invention des soupapes. C'étaient des ballons de verre munis de deux électrodes de formes très différentes, l'une par rapport à l'autre, et qui étaient placées dans le ballon de telle sorte que l'afflux cathodique était facilité dans un sens et fortement gêné dans l'autre; la conductibilité était donc bonne dans le sens direct, mais n'était que freinée dans le sens inverse.

En 1898, VILLARD, appliquant la découverte faite par SAINTE-CLAIRE DEVILLE de l'osmose à chaud du platine, réalisa l' « osmo-régulateur » universellement connu et qui permit, par un réglage facile, d'améliorer considérablement la stabilité des ampoules.

Quant à l'appareillage d'utilisation, il était constitué en général par de vulgaires pinces de labo-

ratoire maintenant l'ampoule au-dessus du patient placé sur une table quelconque. 1 ou 2 milliampères, sous une différence de potentiel correspondant à 10 cm. d'E. E., étaient un régime qui semblait alors être un maximum. La radiographie de certaines parties du corps demandait souvent plusieurs minutes. Ces longues expositions du malade sous le faisceau firent découvrir fortuitement l'action des rayons X sur la peau, et de là naquit la radiothérapie. Mais, à cette époque, on connaissait bien peu de choses sur la nature des rayons X.

Et nous arrivons aux environs de 1905 : c'est la deuxième période.

II. — *TUBES A GAZ*

Tous ces premiers essais pour l'application médicale des rayons X ont amené les constructeurs à réaliser un matériel spécialement étudié. Les ampoules deviennent plus robustes, elles ont leurs électrodes renforcées, le ballon a souvent un diamètre allant jusqu'à 200 mm. Les bobines d'induction à isolant pâteux paraissent et supportent normalement un fonctionnement sous 25 cm. d'E. E., puis viennent les interrupteurs électrolytiques de Wehnelt et les interrupteurs rotatifs à mercure.

En 1904, Gaiffe sort son fameux « Meuble d'Arsonval » alimentant les ampoules en courant continu au moyen d'un transformateur, de condensateurs et de soupapes, par le montage dit de Villard; ce générateur comporte un milliampèremètre placé dans le circuit haute tension. C'était la première fois qu'on contrôlait, par un appareil de mesure, l'intensité passant dans l'ampoule.

Puis paraissent en Amérique les redresseurs dits « contacts tournants ». On s'occupe alors sérieusement de la protection : les cupules protectrices se perfectionnent. La puissance des ampoules est augmentée. Nous arrivons à 1910. Certains modèles ont leur anticathode refroidie par eau, et en 1912, les anticathodes de tungstène remplacent le platine, le nickel platiné ou l'alliage Darcet des anciennes anticathodes, ce qui augmente considérablement la résistance des miroirs anticathodiques et par conséquent des ampoules. Puis Barret, en 1911, eut l'idée de refroidir les anticathodes par une circulation d'air sous pression, ce qui améliora encore leur résistance.

Les régulateurs à étincelles, puis le régulateur Bauer, permettent un meilleur réglage. Et presque toujours ces perfectionnements se font par tâtonnements, car les constructeurs ne connaissent que bien peu ceux des phénomènes qui à chaque pas viennent compliquer leur tâche, phénomènes d'autant plus complexes que la quantité d'électricité passant dans le tube s'augmentait.

Dégagement, absorption, adsorption, gaz occlus, conductibilité du verre, soudure du métal au verre, charge des parois, composition et état des métaux employés, obtention des basses pressions étaient autant de problèmes qu'il fallait étudier sans bases très précises et qui donnaient lieu à bien des déboires pour le constructeur et pour l'utilisateur.

Et l'on peut dire qu'à cette époque, faire fonctionner une ampoule à rayons X était pour le radiologiste un art difficile. Il fallait la « former », l'utiliser quand la résistance interne cadrait avec le but à atteindre. Mais le fonctionnement « durcissait » l'ampoule, car le métal des électrodes pulvérisé sur la paroi absorbait les molécules nécessaires à l'afflux cathodique. Alors, il fallait faire fonctionner le régulateur pour introduire à nouveau quelque gaz dans le ballon. Mais si cette action était trop brutale, le tube devenait « mou ». Juste équilibre difficile à réaliser. Et l'on peut dire que, la plupart du temps, le radiologiste « acceptait » le rayonnement que l'ampoule voulait bien produire.

Les ampoules sont toujours soufflées à la main, malgré leurs dimensions plus importantes. Le vide est fait par de nouvelles pompes rotatives à mercure mues mécaniquement, l'ampoule étant placée sous une étuve.

De nombreuses recherches sont faites pour la régulation de la pression, la composition des métaux des électrodes. Les ampoules deviennent plus résistantes et plus stables. C'est l'époque où l'on commence à obtenir assez normalement de grands instantanés de radiographies difficiles comme ceux des grossesses.

L'appareillage s'est nettement perfectionné. L'ampoule et sa cupule sont maintenues soit par des supports stables donnant toutes les incidences, soit par des ponts roulants. Les tables ou châssis permettent les examens du malade en toutes positions, des paravents assurent une protection efficace de l'opérateur.

Puis Wehnelt construit un tube avec une électrode supplémentaire formée d'une lamelle de platine que l'on chauffe ou qui est recouverte d'oxyde; le fonctionnement du tube est amélioré par cet appoint d'électrons. Lilienfeld, en 1913, construit un tube qu'il a muni d'un filament produisant un flux supplémentaire d'électrons à l'intérieur de l'ampoule, mais l'un et l'autre de ces modèles fonctionnent toujours comme un tube à afflux cathodique. Aucun de ces auteurs n'avait soupçonné l'intérêt de la seule décharge thermo-électronique. Ces ampoules compliquées disparaissent bientôt et nous arrivons, en 1913, à la troisième période.

III. — *TUBES COOLIDGE*

En 1913, W. D. Coolidge, du Laboratoire de la General Electric C°, invente le tube qui porte son nom et dont le fonctionnement est uniquement régi par la production des électrons par la cathode incandescente, puisque la pression y est si basse que l'afflux des ions gazeux est pratiquement inexistant. La température du filament cathodique commande l'intensité, et la différence de potentiel aux bornes de l'ampoule commande la pénétration du rayonnement X. Le radiologiste put alors

choisir l'intensité et la pénétration qu'il désirait et reproduire ultérieurement ces constantes. Saut formidable en avant.

Mais alors la tâche du constructeur d'ampoule se modifie du tout au tout et la manufacture doit se transformer en usine devant posséder toute une série de laboratoires. Le temps n'est plus où les progrès se réalisaient par des tours de main et où les laboratoires d'usines ne disposaient que d'un matériel de fortune souvent « bricolé » dans le laboratoire même. Les tubes sont construits sur des machines à souffler automatiques qui sont alors créées. Le tungstène des anticathodes massives est réalisé par un matériel considérable conçu et mis au point spécialement. Le traitement des électrodes se fait sous le vide : des fours à vide doivent être construits à cet effet.

Les basses pressions nécessaires, jamais envisagées précédemment, furent obtenues par des pompes à diffusion à vapeur de mercure alors inventées dans ce but. Des postes de pompage tout spéciaux ont été réalisés pour ces fabrications nouvelles.

Tous les phénomènes de la nature et de l'état des métaux, la composition des verres, les alliages se soudant aux verres durent être étudiés. Travail considérable qui se réalise rapidement dans divers pays.

L'appareillage sous cette nouvelle poussée se transforme. Alors paraissent les tables permettant l'examen en diverses positions. La protection est améliorée, car il faut se protéger plus encore contre l'important rayonnement produit par les nouvelles ampoules. Les écrans fluorescents pour la radiographie et la radioscopie se perfectionnent.

La radiothérapie peut se faire d'une façon normale sous des rayonnements correspondant à une différence de potentiel de 120.000 et 150.000 volts. Et cette facilité de fonctionnement du tube à rayons X donne lieu à d'importantes recherches sur l'examen des métaux par les rayons X. C'est la radiométallographie pour laquelle sont construits des appareillages spéciaux. Puis paraît le tube Coolidge auto-redresseur, plus connu sous le nom de « tube à radiateur », qui a permis la construction d'un appareillage excessivement simple qui n'était plus composé que d'un transformateur à haute tension et d'un tube. Voilà l'étape énorme qui avait été franchie en trois ans : mais c'est la première guerre mondiale et, jusqu'en 1919, les constructeurs vivent sur l'acquis de leurs recherches et nous arrivons à la quatrième période.

IV. — *APPAREILS PROTÉGÉS*

Jusqu'alors, dans les différents pays producteurs de matériel de radiologie, il existait d'une part des constructeurs de tubes à rayons X, et d'autre part des constructeurs de matériel radiologique. Les perfectionnements que permettait le nouveau tube, dès lors universellement employé, rendaient évidente la nécessité de la synchronisation des deux constructions; c'est pourquoi, tout d'abord en France, en 1919, ces fabrications se réunirent en une même société, puis l'exemple est suivi dans les autres pays.

Alors, les perfectionnements se précipitent. Des soupapes à cathode incandescente sont réalisées qui, bientôt, peuvent fonctionner sous des différences de potentiel de 100.000 volts. Les nouvelles soupapes, dites kénotrons, ne laissent plus passer que l'onde directe arrêtant complètement l'onde inverse. Elles vont permettre, en 1921, la création de générateurs à tension constante allant jusqu'à 250 kV. Puis paraît en France le premier tube pour radiothérapie à 200 kV., fonctionnant dans une cuve à huile assurant la protection contre le rayonnement X et la haute tension. Ce dispositif fut conçu pour fonctionner sur un générateur à 200 kV. de tension constante, produite par un transformateur, des condensateurs et kénotrons au moyen d'un montage en doubleur de tension. Les bobines d'induction, les contacts tournants disparaissent pour faire place aux générateurs à courant redressé par kénotrons. Puis l'évolution du matériel se poursuit rapidement. Paraissent les cuves dites en France « Sécurité », et aux Etats-Unis « Shock-proof », qui contiennent dans leur enceinte protectrice tube et transformateur. On a créé pour cela de petits tubes à rayons X longs d'une dizaine de centimètres, fonctionnant dans l'huile et supportant jusqu'à 80 kV.

Puis viennent, presque à la même époque, les tubes pour radiodiagnostic fonctionnant dans des enceintes remplies d'huile ; les tubes de radiothérapie à 200 kV. entourés de gaines protectrices, alimentés par des câbles haute tension protégés; de petits générateurs transportables ne pesant que quelque 15 kg. pour 80 kV.; enfin, les tubes à foyer linéaire. Tout cela transformant le matériel d'utilisation dont la construction se complique pour le fabricant, mais dont l'utilisation devient de plus en plus simple et pratique pour le radiologiste. Le bois, dans ces constructions, disparaît complètement pour faire place à des constructions métalliques. C'est l'époque des tables oscillantes mues électriquement pour l'examen du malade en toutes positions, des paravents protecteurs perfectionnés, des pupitres de commande automatiques, des appareils de stéréographie rapide, de l'orthoradiographie pour l'examen du cœur, de la radiographie chirurgicale; des appareils de téléradiographie pour la prise de vues à grandes distance pour éviter la déformation ; des appareils de stratigraphie pour fixer l'image d'un seul plan à l'exclusion de ceux l'environnant; des générateurs triphasés; des générateurs à accumulation.

Enfin, je terminerai ce chapitre en citant l'appareil à 600.000 volts en courant continu qui fut réalisé pour le regretté Pr Jean Perrin, en vue de ses recherches sur la désintégration de la matière; c'était la première fois qu'une telle tension continue était produite. Ce générateur était constitué par trois groupes de générateurs à tension constante similaires à ceux qui avaient été créés pour la radiothérapie à 200 kV. Chaque groupe était isolé par rapport à l'autre. Cet ensemble fut présenté

en fonctionnement le 9 mars 1925, par le Pr d'Arsonval, aux membres de l'Académie des Sciences et à de nombreux savants. Et comme ces recherches furent à la base d'une question particulièrement à l'ordre du jour, aujourd'hui je voudrais vous citer un passage prophétique de l'allocution que prononça à cette réunion le regretté Pr Jean Perrin :

« ... Puis notre laboratoire ou d'autres demanderont un voltage plus important, et étape par « étape, de façon raisonnable, nous arriverons certainement aux 10 millions de volts. Nous pourrons « alors produire des rayons particuliers qui auront une énergie suffisante pour transmuter la matière. « Cela, je dirai que c'est sûr maintenant. Eh ! bien, il n'est pas déraisonnable de penser que, d'ici « une ou deux générations, mettons plus si vous voulez, nous serons sur le point de faire, par rapport « à notre civilisation actuelle, un progrès analogue au progrès accompli par les hommes préhisto- « riques découvrant le feu. Nous pouvons espérer que, dans ce sens, nous ouvrirons vraiment « une nouvelle page de l'humanité, et si nous ne voyons pas nous-mêmes ces jours nouveaux, déjà « de les préparer aura rendu notre vie plus belle. »

Vingt-cinq ans après, la prophétie du Pr Jean Perrin s'est réalisée : il n'a pas eu la joie d'être là.

Enfin, nous arrivons à la dernière phase de mon exposé que j'appelle :

V. — *PRÉSENT ET FUTUR*

Et maintenant que nous avons fait un rapide tour d'horizon sur le passé, en énumérant les inventions marquantes dans un ordre chronologique aussi approché que possible, voyons les points dominants de la situation du matériel radiologique à ce jour. Tout d'abord, la caractéristique principale des appareils actuels est sans conteste le groupement, dans une même cuve remplie d'huile, des éléments : générateur et tube à rayons X. C'est ainsi que sont construits les petits appareils transportables et les appareils de diagnostic courants. Les générateurs de diagnostic puissants avec tube à l'extérieur ont les kénotrons et le transformateur dans la même cuve. Les appareils de radiothérapie à 200 et 250 kV. les plus récents sont tous constitués également par une cuve contenant le transformateur et le tube isolés et refroidis par l'huile. Et cette cuve, de dimensions réduites, disons, pour certains types, environ 85 cm. × 0 m. 50 × 0 m. 35, est suspendue d'une façon appropriée qui la rend aisément maniable. Cette disposition assure une protection très efficace contre le rayonnement X, et complète contre la haute tension. Au point de vue constructif, nous avons gagné en poids, en encombrement, en maniabilité, en netteté mécanique, en facilité de contrôle et de maœuvre. Cette tendance au fonctionnement dans l'huile, qui permet la réduction des dimensions, est appliquée également aux tubes à rayons X de diagnostic et de thérapie fonctionnant hors du transformateur.

Un autre point dominant pour le diagnostic est l'emploi des tubes à double foyer ou à double foyer et double pente de l'anticathode, qui permettent l'emploi de fortes charges pour les grands instantanés qui se font en général à plus grande distance que la radiographie courante. L'inclinaison très marquée d'une des deux pentes de l'anticathode donne un foyer optique petit, alors que la charge est répartie sur une grande surface. Enfin, et surtout, la généralisation pour le diagnostic du tube à anode tournante dont le foyer très fin assure une parfaite définition des images, tandis que le bombardement se trouve réparti sur une grande surface, puisque l'anticathode formée par un disque tournant défile rapidement devant l'impact. Ce tube représente une très belle réalisation technique, puisqu'on a pu loger à l'intérieur du tube un rotor et ses roulements, capables de fonctionner sans dégagements ultérieurs de gaz, et capables aussi de supporter sans altération les températures nécessaires au pompage et ultérieurement au fonctionnement.

Enfin, je rappellerai les appareils dits « radiophoto » combinés pour l'examen des collectivités. Des appareils automatiques ont été réalisés dans ce but, ils permettent de photographier les radioscopies de plusieurs centaines de sujets à l'heure. Le médecin peut ensuite, à loisir, poursuivre son examen sur le cliché photographique agrandi.

Et je terminerai ce chapitre relatif aux appareils actuels en citant les efforts qui ont été faits pour la construction d'appareils pour les applications industrielles des rayons X. Tout d'abord, de puissants appareils, dont certains transportables pour la radiométallographie; ensuite, de nombreux types d'appareils pour la spectrographie et la cristallographie, entre autres un type de tube démontable à anode tournante, permettant la prise de diagrammes en un temps excessivement court pour pouvoir suivre les transformations cristallines du corps examiné sous des efforts progressifs mécaniques ou thermiques.

Et maintenant, voyons quelles sont les tendances qui peuvent nous guider pour le futur. Au point de vue du radiodiagnostic, il semble que le tube à anode tournante se généralisera et que nous allons encore, pour l'appareillage, vers les réductions de poids et d'encombrement, et vers les commandes automatiques appropriant le rayonnement à la partie du corps à radiographier sans réclamer aucun calcul du médecin. Le tube fonctionnera à son maximum sans jamais qu'on puisse atteindre sa limite de résistance. On aura ainsi une qualité optima de l'image, une grande rapidité de prise de vue et une économie d'ampoule.

Quant à la radiothérapie, je n'ai pas qualité pour savoir quelle technique thérapeutique prévaudra, mais jetons un rapide coup d'œil sur quelques prototypes qui, depuis quelques années, ont été construits à la demande des radiothérapeutes. Ce furent tout d'abord d'énormes appareils à 500.000 volts; puis 1.000.000 de volts; puis d'autres d'encombrement moindre, de 500.000 volts, mais à intensité plus forte; puis certains autres appareils à 2.000.000 de volts avec tube fonctionnant sur pompe. Tout

récemment, vient aussi d'être construit aux Etats-Unis un générateur à 1.000.000 de volts de dimensions très réduites, puisqu'il est constitué d'une cuve cylindrique d'environ 1 m. 50 de haut et d'environ 0 m. 90 de diamètre, d'où émerge l'anticathode qui est au potentiel de la terre. Ces dimensions minimes ont été obtenues grâce à un type spécial de transformateur et à un gaz isolant sous pression qui remplace l'huile et assure l'isolement et le refroidissement.

Ces appareils sont dans le domaine de l'étude, pour ce qui est de l'application. Quelle sera la voie à suivre ? Les radiologistes nous le diront.

Verrons-nous aussi, utilisés en radiologie, de nouveaux appareils étudiés dernièrement? Ils sont de conception toute différente, basée sur le principe du cyclotron, mais de dimensions beaucoup plus petites. On donne à ces nouveaux appareils le nom de « bêtatron ». Ils permettent une accélération des électrons correspondant à 5, 10, 15 millions d'électronvolts, produisant ainsi un rayonnement très pénétrant. Quelle sera leur application ? Nous, constructeurs, nous ne pouvons encore l'envisager; mais il semble que des horizons nouveaux se présentent à la radiothérapie, à la radiométallographie et aux recherches scientifiques.

Et je ne voudrais pas terminer cet exposé malheureusement trop succinct sans rappeler toutes les industries que la découverte de RŒNTGEN a fait naître. Tout d'abord, les importantes fabriques de matériel radiologique dans divers pays et toutes les industries connexes : films radiographiques, écrans fluorescents, verres spéciaux, métallurgie du tungstène, appareils de mesure spéciaux, etc..., faisant vivre dans le monde des centaines de mille de travailleurs.

Et si ces progrès furent rapides, c'est que, dans cette industrie, les constructeurs furent constamment en contact intime avec physiciens et médecins radiologistes qui les ont guidés. Bien des noms de ceux-ci restent du reste attachés à de nombreux perfectionnements que je viens de citer.

Et l'on peut dire que la France tient une place importante dans cette course au progrès.

LES RAYONS X DANS LE DIAGNOSTIC MÉDICAL

Par R. LEDOUX-LEBARD,
chargé du Cours de Radiologie clinique à la Faculté de Médecine de Paris.

La découverte de RŒNTGEN a doté la science d'un mode nouveau d'exploration des corps animés ou inanimés. Les applications s'en étendent aujourd'hui à d'innombrables domaines, mais c'est à ses conséquences médicales que l'on songea tout d'abord.

Après avoir observé fortuitement la fluorescence du platinocyanure de baryum au voisinage de l'ampoule de Crookes en fonctionnement, RŒNTGEN, qui avait eu l'intuition géniale qu'il s'agissait d'un phénomène nouveau, eut bientôt l'idée d'interposer sa main entre l'ampoule en marche et une feuille de carton couverte de cristaux de platinocyanure de baryum, préludant ainsi à l'emploi médical de l'écran fluorescent, si développé par la suite, et pratiquant la *première radioscopie*.

Substituant à cet écran une plaque photographique, il faisait suivre la première radioscopie de la *première radiographie*, révélant au monde et transmettant à la postérité, avec son nom, l'une des découvertes les plus merveilleuses et les plus fécondes des temps modernes, et apportant à l'ensemble des sciences médicales des possibilités que nous sommes encore loin d'avoir épuisées. Il créait, du même coup, les deux techniques fondamentales qui allaient apporter une aide précieuse au diagnostic dont elles faisaient naître une branche aussi neuve et originale qu'imprévue : le *radiodiagnostic*.

Ceux d'entre nous auxquels leur âge a permis de voir, au début de janvier 1896, les images de la main obtenues après d'interminables poses et reproduites en première page des quotidiens de l'époque, se souviennent sans doute, comme moi, de la curiosité un peu amusée avec laquelle ils les regardaient.

Pour grossières et insuffisantes qu'elles nous semblent aujourd'hui, elles n'en ouvraient pas moins un monde nouveau à nos yeux et allaient amener une transformation capitale dans toutes les branches de la pratique médicale.

Les progrès réalisés en radiodiagnostic, au cours des cinquante années qui nous séparent aujourd'hui de la découverte de RŒNTGEN, sont si nombreux et si importants qu'à peine pourrai-je faire autre chose que de vous en présenter successivement, en de rapides esquisses, les chapitres principaux sans m'arrêter à nommer, même parmi les disparus, plus de quelques-uns de ceux auquels nous sommes redevables des travaux les plus considérables dans ce domaine.

Je vous rappellerai seulement qu'à ses débuts, la radiologie médicale suscitait les plaisanteries faciles et les railleries de la plupart des médecins et des chirurgiens qui étaient loin de soupçonner l'intérêt que présenterait la méthode nouvelle. Certains maîtres n'allaient-ils pas jusqu'à faire publier à leurs élèves des thèses sur « les erreurs de la radiographie ». Même dans le très petit nombre de ceux qui s'enthousiasmaient déjà pour elle, il en est bien peu, en France, qui aient entrevu ses possibilités ou pressenti le rôle qu'elle jouerait dans la guerre moderne aussi bien que dans la pathologie du temps de paix.

Dans les premiers temps qui suivirent la découverte de RŒNTGEN, l'on ne tenait pas encore un compte suffisant de ce fait que les radiographies n'ont de commun avec des photographies ordinaires que le traitement des plaques par des bains révélateurs et fixateurs, mais qu'en dehors de ces manipulations, les images obtenues diffèrent essentiellement dans les deux cas.

Tandis que les photographies nous représentent la forme extérieure des objets, transportée sur la plaque par l'intermédiaire d'un objectif et avec une réduction généralement considérable dans les dimensions, les radiographies sont simplement et exactement au même titre d'ailleurs que les images radioscopiques de l'écran fluorescent, des ombres portées et généralement agrandies, présentant de grandes analogies avec les images connues sous le nom d'ombres chinoises qui sont formées par l'interposition de corps opaques entre un foyer lumineux et une surface plane. Mais si elles n'étaient que cela, si elles ne projetaient que le contour extérieur des objets encadrant une ombre uniforme, les images fournies par les rayons X seraient pour nous sans grand intérêt. Elles sont heureusement beaucoup plus complexes : ce sont des ombres superposées, de tonalités différentes, qui nous révèlent non seulement la projection d'un contour extérieur apparent, appréciable à notre vue, mais encore et surtout des détails de structure intérieure reposant sur des différences de composition chimique (différence de nombre atomique) et d'épaisseur (différence de nombre des atomes) qui échappent à nos sens.

Aussi, tandis que, d'une façon générale, il n'y a pas, à proprement parler, d'interprétation d'une photographie ordinaire et que tout le monde, en la regardant, la comprend et sait ce qu'elle représente, c'est absolument le contraire qui a lieu pour une radiographie, où *l'interprétation est tout* et dont l'aspect ne révèle rien ou presque rien au non initié.

En d'autres termes, il faut savoir lire une radiographie.

Pour les applications médicales de la radiologie, il nous paraît absolument évident à tous aujour-

d'hui, encore que cette notion ait été longue à s'implanter, qu'il faut être médecin et anatomiste pour faire correctement cette lecture, mais cela ne suffit pas encore, et il faut avoir sans cesse présentes à l'esprit certaines conditions d'obtention des images pour les interpréter correctement et ne pas commettre des erreurs de lecture fâcheuses au premier chef pour les malades.

L'on doit donc s'ingénier à inculquer aux étudiants en médecine, dans un enseignement simple, mais pratique, les rudiments d'un art auquel ils devront tous avoir recours journellement.

⁂

Très vite, dans les dernières années du XIXe siècle, des observateurs enthousiastes, dont beaucoup devaient, comme nous l'a rappelé ce matin le Dr DARIAUX, payer de longues souffrances, et finalement de leur vie, leur dévouement à la science, allaient défricher les domaines de plus en plus nombreux qui s'offraient aux applications du radiodiagnostic. L'étude du squelette et la recherche des corps étrangers constituèrent les premières étapes de l'emploi des radiations nouvelles.

CORPS ÉTRANGERS OPAQUES. — Les projectiles du temps de guerre, comme les corps étrangers du temps de paix, essentiellement constitués par des métaux lourds, allaient fournir de retentissants succès à la recherche nouvelle et montrer aussi quelles en étaient les limitations — d'ordre surtout physique — assez mal comprises pendant longtemps par le public, aussi bien que par le plus grand nombre des médecins, insuffisamment initiés aux propriétés des radiations de RŒNTGEN. L'on comprenait mal, tout d'abord, qu'un minuscule grain de plomb, qu'une poussière de grenade montrât si nettement son ombre, alors qu'un morceau de verre de plusieurs centimètres planté dans les parties molles du cou, comme dans un exemple que nous avons vu personnellement, ne donnait aucune image. Mais on apprit peu à peu à établir ces différences et à ne plus chercher, par exemple, une épine ou un débris végétal quelconque dans un doigt, une arête de poisson (le cartilage dont elle se compose ne contient pas de calcaire et elle est transparente dans le pharynx). On devait d'ailleurs, par la suite, arriver à déceler par des voies indirectes ces corps étrangers transparents. Au niveau du poumon, par exemple, par l'ombre du foyer de broncho-pneumonie qui se développe autour, à l'œsophage, par l'accrochage d'une parcelle opaque, etc...

En même temps que l'on apprenait à déceler les corps étrangers opaques dans toutes les régions du corps, et en particulier dans l'orbite et le globe oculaire (pour lequel la première radiographie positive fut obtenue en février 1897, aux Etats-Unis, et dont le *Journal de Radiologie américain* nous rappelle, en 1939, l'histoire pittoresque racontée par un de ses témoins).

Mais découvrir la présence d'un corps étranger n'est pas tout et une image de son ombre ne suffit pas toujours pour permettre au chirurgien de l'enlever, comme l'apprirent alors trop d'opérateurs au bistouri ardent qui ne savaient pas encore la nécessité d'avoir au moins deux images à angle droit l'une de l'autre, — les classiques clichés de face et de profil, — pour obtenir une idée de la profondeur et de la topographie du corps.

Les débuts de la première guerre mondiale, avec un Service de Santé qui ignorait encore les spécialistes et avait envoyé les trop peu nombreux radiologistes de l'époque dans les régiments, devaient bien montrer la nécessité d'avoir recours à des médecins ayant l'expérience de ces techniques. En effet, sur l'avis de certains manipulateurs improvisés, pleins de bonne volonté, mais entièrement dépourvus de connaissances anatomiques, on allait chercher des ganglions calcifiés pour des éclats et le pisiforme pour un shrapnell du carpe. Je suis arrivé un jour dans une salle d'opération où l'on cherchait un sésamoïde du genou en guise de projectile.

Il fallut rappeler des armées les spécialistes et créer des Centres bien équipés, dont certains devinrent d'ailleurs, par la suite, de véritables modèles.

Les recherches auxquelles donna lieu, dans toutes les armées, le nombre énorme des porteurs de projectiles aboutirent rapidement à perfectionner les méthodes de localisation en profondeur, — surtout radioscopiques, — vu leur rapidité et leur économie, mais aussi radiographiques (compas) et stéréo-radiographiques.

Notons incidemment l'intérêt de cette dernière technique dans de multiples branches du radiodiagnostic.

Allant plus loin, on chercha à faciliter la découverte du projectile en guidant le chirurgien, et la technique de *l'extraction sous le contrôle de l'écran* a donné à l'opérateur la certitude d'arriver au but, si la voie d'accès est bien choisie et ne lui oppose pas des impossiblités anatomiques.

SQUELETTE. — Autant que celle des corps étrangers, la pathologie du squelette — et sa pathologie traumatique tout d'abord — allait être rénovée.

Si l'on compare les ouvrages consacrés à l'étude des fractures et des luxations, avant la découverte de RŒNTGEN, à ceux qui sont publiés depuis quelques années et ont profité de tous les progrès réalisés, on ne peut s'empêcher de penser qu'il n'est que juste de distinguer, dans l'histoire des sciences médicales, l'ère pré-radiologique de l'ère radiologique, distinction qui s'impose pour toutes les branches de la médecine.

Mais alors qu'il fallait d'abord un temps de pose de quelques minutes pour obtenir une image assez grossière de la main, et d'une heure et demie pour avoir une mauvaise silhouette du bassin, nous savons qu'une infime fraction de seconde suffit aujourd'hui pour la première et que, même avec des installations relativement modestes, un petit nombre de secondes nous fournit un cliché très

satisfaisant du bassin, et que toutes les modifications de l'aspect de l'os et de sa structure apparaissent d'une façon saisissante sur nos radiographies.

Non contents d'apprécier la morphologie et la topographie de tous les segments osseux, d'en déceler les fêlures les plus fines, de découvrir ces curieuses fractures que produit parfois à la longue, surtout chez des sujets diversement carencés, l'effort exagéré imposé à telle ou telle portion d'un os, ainsi que les fractures de marche, nous avons appris que nombre de contusions, à la hanche en particulier, n'étaient que des fractures méconnues, que la radiographie révélait, comme elle permettait aussi de découvrir bien des fractures vertébrales et même des fractures de crâne restant ignorées, jusqu'à son contrôle, faute de signes cliniques précis.

S'associant au traitement des lésions qu'elle reconnaît en permettant d'en effectuer la réduction sous écran, c'est-à-dire sous le contrôle de la vue, ou de vérifier, sur des clichés de face et de profil, la parfaite mise en place des fragments une fois l'appareil plâtré appliqué, la méthode nouvelle s'est montrée encore le guide indispensable du chirurgien dans une série d'opérations modernes de précision telles que l'enclouage du col du fémur.

Je passe, sans pouvoir m'y arrêter, malgré tout leur intérêt, sur ce que nous avons appris relativement à tant de fractures autrefois peu connues ou totalement ignorées, aussi bien que sur les recherches d'anatomie et de physiologie, sur les facilités données à l'enseignement de l'ostéologie, pour rappeler seulement que le radiodiagnostic s'étend à toute la pathologie du squelette.

Traduisant très vite, par des modifications en plus ou en moins de la tonalité des ombres osseuses, l'état de leur teneur en calcium, qu'il y ait décalcification ou au contraire condensation osseuse, l'examen radiographique nous a permis de découvrir, d'étudier et de suivre toutes les modifications que les maladies les plus diverses apportent à la morphologie externe et interne des pièces squelettiques. Ces modifications, destructives ou constructives, sont particulièrement importantes pour nous aider à préciser la nature bénigne ou maligne des tumeurs osseuses sur lesquelles la biopsie est seule à nous fournir des détails plus certains et encore plus précis.

Mais, comme le faisait remarquer Bouchard, très peu d'années après la découverte de Rœntgen, c'est à toute la médecine, et non plus seulement à la chirurgie, que s'appliquaient les radiations nouvelles, et bientôt des maladies osseuses jusque-là inconnues étaient révélées par leur image radiographique, tandis que d'autres affections, déjà décrites, mais considérées comme rares, telle que la maladie osseuse de Paget, apparaissaient comme relativement fréquentes.

A côté de l'ostéomyélite, de la tuberculose ostéo-articulaire, de la syphilis héréditaire ou acquise, toutes les maladies amenant une atteinte quelconque de l'aspect normal au squelette bénéficiaient de l'exploration radiologique.

En outre, dès 1896, les premières radiographies dentaires étaient faites pour rechercher la présence de dents incluses et étudier les malpositions de la dent de sagesse.

Aujourd'hui, vous le savez, il est impossible au stomatologiste de se passer d'un mode d'examen qui le renseigne sur l'état des dents et des maxillaires avant qu'il en entreprenne le traitement, et lui permet de contrôler pas à pas les résultats du travail qu'il a effectué.

Pourvue de techniques précises, d'application facile grâce aux appareils spéciaux établis surtout par les Américains, utilisant le plus souvent des films de petit format (films dits dentaires), la radiographie dentaire constitue une véritable spécialité dans la spécialité. Le nombre des publications qui lui ont été consacrées est considérable et son rôle est de toute première importance.

Quiconque examine ces petits films placés dans la bouche et impressionnés au travers des mâchoires, ne peut se défendre de la surprise et de l'admiration que cause la finesse merveilleuse des images dentaires traduisant en un réseau aux fines mailles de dentelle la structure du tissu osseux et montrant ses moindres altérations.

Le crâne et la face, avec leurs cavités, n'ont pas profité moins que les autres segments du squelette des progrès du radiodiagnostic.

Le thorax (appareil circulatoire et appareil respiratoire). — Au niveau du thorax, des conditions particulièrement favorables, dues à l'existence des contrastes naturels réalisés grâce à la transparence aux rayons du tissu pulmonaire rempli d'air et à l'opacité relative du cœur, des gros vaisseaux d'une part, et du squelette de l'autre, ont permis, presque dès l'origine de la découverte de Rœntgen, une étude nouvelle et relativement très approfondie de ces divers organes.

Nous ne nous étonnons plus, tant la constatation en est devenue banale, de voir à l'écran les contours du cœur et de l'aorte et d'observer, sur l'image fluorescente, les battements des cavités cardiaques et des gros vaisseaux; mais je vous rappellerai seulement qu'à toutes les observations si importantes fournies sur la topographie et la morphologie du cœur et de son pédicule, comme aux mensurations de l'orthodiagramme, se sont substituées peu à peu, les complétant et les précisant avec les progrès de la technique, les images radiographiques prises à distance, les téléradiographies, et que nous avons pu reconnaître depuis, à l'intérieur même du cœur, jusqu'aux calcifications de ses valvules ou de ses artères.

A toutes ces données, qui se superposent à celles de l'auscultation sans les remplacer, bien entendu, se sont ajoutées des techniques entièrement nouvelles, comme la *kymographie*, qui nous fournit, et pour le cœur et pour tous les autres organes mobiles, des moyens d'enregistrement graphiques capables de nous faire reconnaître des altérations, parfois très minimes, du rythme normal.

Grâce à la transparence environnante, les anévrysmes aortiques nous montrent leurs contours, parfois difficiles à différencier au point de vue diagnostic, de ceux de certaines tumeurs solides du médiastin.

Si les autres segments artériels ou veineux de notre organisme ne sont décelables sur les films que lorsque leurs parois sont calcifiées, nous avons appris à les rendre artificiellement opaques en y injectant des substances, dites de contraste, qui nous permettent de reconnaître soit l'arrêt localisé d'une oblitération artérielle, comme dans la gangrène sénile, soit le développement vasculaire de certaines tumeurs, ou les modifications du réseau artériel intra-cérébral, et l'on a poussé directement, jusque dans l'aorte ou dans les cavités cardiaques, des injections révélatrices, tandis que l'on pouvait insuffler le péricarde ou l'opacifier également à volonté.

Pour considérable que soit le domaine de la radiologie de l'appareil circulatoire avec les progrès tout récents de la phlébographie et de la lymphographie, il le cède cependant semble-t-il, en importance, au point de vue de la pratique journalière, à l'immense diffusion du radiodiagnostic pulmonaire dont les débuts remontent aux premières années de la découverte de RŒNTGEN.

Laissez-moi vous raconter, à ce propos, comment naquit la radiologie pulmonaire en France :

Les Drs OUDIN et BARTHÉLEMY avaient été parmi les premiers à étudier et à perfectionner la technique nouvelle. C'est par les journaux politiques que le Dr BARTHÉLEMY, fidèle Lorrain et ardent patriote, apprend la découverte de RŒNTGEN. Il veut aussitôt la voir étudiée et propagée en France, et le soir même, ses visites terminées, il va très tard, tant l'idée lui tient à cœur, réveiller son ami OUDIN, seul pourvu des connaissances et de l'outillage électrique nécessaires, et lui inculque le feu sacré.

Dans les jours qui suivent, le Dr OUDIN se met au travail et, après quelques tentatives infructueuses et des poses de plus d'une demi-heure, apparaît sur la plaque une image de la main. Les auteurs précisent peu à peu suffisamment leur technique pour obtenir avec quelque régularité des clichés démonstratifs. Puis ils passent à l'examen radioscopique, et la vieille servante du Dr OUDIN leur sert de sujet bénévole. Les mouvements du diaphragme et du cœur apparaissent à leurs yeux émerveillés. Ils entrevoient l'intérêt et l'importance de la méthode nouvelle qui mérite, à leur avis, d'être étudiée en grand, avec les ressources en malades des services hospitaliers, seuls susceptibles de permettre toutes les recherches nécessaires. Ils convoquent pour un jour prochain, afin de chercher à les convaincre et d'éveiller leur intérêt, tous leurs maîtres. Seul le Pr BOUCHARD se rendit à cette invitation et fut, d'emblée, séduit par la méthode nouvelle (comme en témoignent les travaux qu'il poursuivit avec GUILLEMINOT, et ses premières communications sur le diagnostic radiologique des épanchements pleuraux, des anévrismes aortiques et de la tuberculose).

M. BÉCLÈRE, camarade d'internat de BARTHÉLEMY, avait été convoqué à cette mémorable soirée. Longuement retenu, il n'avait pu y venir que fort tard, lorsque tout était déjà fini. Mais la servante, consciente de son importance, voulut bien se prêter à un nouvel et tardif examen qui fit remarquer, en particulier, l'obscurité de l'un de ses sommets.

M. BÉCLÈRE était désormais conquis à son tour à la découverte qui devait bientôt absorber son attention tout entière, et avait tout particulièrement retenu l'intérêt de l'image pulmonaire et l'obscurité du sommet, et allait, ensuite, après avoir pris la peine de traduire lui-même les premières publications d'HOLZNECHT, répandre chez nous, en la perfectionnant, la radiologie pulmonaire.

C'est sur la transparence du parenchyme que nous verrons se manifester les plus petites opacifications capables de traduire les lésions les plus fines. Dans les processus aigus du parenchyme, les broncho-pneumonies, les pneumonies, les abcès, nous donnent des images souvent caractéristiques et qui rendent faciles un grand nombre de diagnostics.

Mais c'est évidemment en matière de tuberculose, en raison de la fréquence de la maladie, que l'exploration radiologique est faite sur la plus grande échelle et permet de dépister des lésions qui, bien souvent, échappent à l'oreille la plus exercée, comme d'en suivre l'évolution avec une facilité et une précision insoupçonnables avant l'emploi des rayons X. WILLIAMS devait propager et faire progresser la méthode aux Etats-Unis, comme allait le faire BÉCLÈRE en France.

Je ne citerai qu'un exemple de ses applications : la granulie pulmonaire qui déroute si souvent l'exploration clinique la mieux conduite et ne peut être, par elle, que soupçonnée, alors qu'elle se manifeste de la façon la plus évidente sur l'image radiographique.

J'ai dit radiographique et je souligne, en passant, que l'écran fluorescent est incapable de nous la montrer, pour rappeler que ces deux techniques doivent presque toujours, sinon toujours, être combinées si l'on veut retirer le maximum de profit de l'emploi de la découverte de RŒNTGEN. La radioscopie, qui peut seule nous montrer les organes en mouvement, ne nous permet pas, en effet, par suite de notre faible acuité visuelle dans les conditions d'observation qu'elle impose, de reconnaître les fins détails qui se montrent si nettement sur les films.

Mais les réactions du tissu pulmonaire et celles surtout de la cavité pleurale, qui peut se remplir d'une importante quantité de liquide, dont nous décelons alors l'opacité, peuvent masquer et masquaient, jusqu'à il y a quelques années, les modifications du parenchyme sous-jacent.

Grâce au développement technique d'une idée française, l'exploration en coupe, la *tomographie*, pour employer l'un de ses noms, nous permet aujourd'hui de déceler au milieu du poumon, comme d'ailleurs dans d'autres organes, ce que ne nous montre pas la radiographie ordinaire.

Nous pourrons ainsi, dans nombre de cas, découvrir l'existence de cavernes masquées par le tissu de sclérose ou la pachypleurite qui les entoure; préciser qu'il existe, dans une opacité diffuse, une cavité d'abcès; en un mot, faciliter encore considérablement le diagnostic et la thérapeutique de l'affection.

Vous savez tous qu'il n'est pas de sanatoriums sans salle d'examens radiologiques, et que la chirurgie pleuro-pulmonaire ne peut pas davantage s'en passer que le phtisiologue, qui ne saurait pratiquer le pneumothorax artificiel et le contrôler d'une façon efficace qu'à l'écran ou sur les clichés.

Quant à ces multiples opacités arrondies du thorax dont le diagnostic différentiel est souvent si difficile, il ne peut être poursuivi que grâce aux examens sous des incidences multiples et en ayant recours à tous les artifices de la technique.

Signalerai-je que la collaboration radio-chirurgicale est journalière lorsqu'il s'agit de ponctionner l'épanchement pleural reconnu, de pratiquer un empyème, d'ouvrir un abcès pulmonaire ?

Grâce à la radiologie pulmonaire enfin, la médecine sociale peut étendre son activité et jouer un rôle de plus en plus important en utilisant l'examen radiologique systématique pour faire passer derrière l'écran de nombreuses collectivités : étudiants, employés, travailleurs de toutes les industries, et pratiquer le dépistage systématique de la tuberculose dans ces vastes explorations, soit par la radioscopie simple, soit par la radiophotographie, faute de pouvoir le faire par la radiographie habituelle en raison des difficultés matérielles et de la dépense énorme impliquée.

Il est peu d'artifices de technique qui aient eu autant de conséquences fécondes, en radiodiagnostic, que l'emploi des substances de contraste. Parmi elles, nous en retrouverons d'autres chemin faisant; je veux vous dire quelques mots des huiles iodées, car c'est incontestablement par leur création et leur utilisation sur une très grande échelle que la France a apporté une très importante contribution aux progrès réalisés en radiologie médicale.

La découverte et la préparation des huiles iodées sont d'ailleurs d'origine exclusivement française et remontent à 1863; nos chimistes savaient que certaines huiles pouvaient, grâce à leur teneur en acides gras non saturés, fixer par simple addition des halogènes et en particulier le chlore, le brome et l'iode. C'est par l'intermédiaire du chlorure d'iode que sont obtenues la plupart des huiles iodées préparées dans les différents pays et qui contiennent, par conséquent, dans leurs molécules, du chlore en même temps que de l'iode. Ce sont donc des huiles chloro-iodées. Mais, parmi elles, le lipiodol, huile d'œillette contenant 40 % d'iode en poids, préparé à dater de 1901, constitue un véritable corps organique, au sens chimique du terme, et se différencie nettement des autres produits iodés, minéraux ou organiques.

Ses propriétés opacifiantes furent appliquées, dès 1921, en France. Dues à sa teneur élevée en iode, elles avaient bien été notées d'une façon fortuite par de nombreux auteurs depuis que les huiles iodées avaient été introduites dans la thérapeutique, mais on n'avait pas encore eu l'idée d'utiliser celles-ci comme produit opaque en radiologie, lorsque Sicard et ses collaborateurs présentèrent leurs premiers travaux à ce sujet.

L'importance et le nombre des applications de la méthode nouvelle devaient justifier bientôt le nom de *lipiodo-diagnostic* qui allait lui être donné. Passons en revue rapidement ses principales applications.

L'exploration radiologique de la cavité sous-arachnoïdienne est sans contredit, avec celle des conduits broncho-pulmonaires et de l'appareil génital féminin, la plus féconde d'entre elles.

Depuis l'introduction dans la pratique médicale de la ponction lombaire, quelques progrès avaient été faits dans la voie du diagnostic précoce et de la localisation des compressions médullaires, et l'on avait cherché, en particulier en France, à perfectionner les résultats fournis par les injections d'air (contrastes éclaircissants) dans le canal rachidien, préconisées en Amérique.

Mais ces méthodes devaient bientôt céder le pas à l'injection de lipiodol dont on apprenait à connaître la possibilité et l'innocuité en même temps que le très grand intérêt pour la recherche des obstacles intra-rachidiens.

Malgré quelques inconvénients occasionnels, la méthode s'est universellement généralisée et ses indications se sont considérablement étendues. Grâce à elle, de nouveaux domaines se sont ouverts à l'exploration comme à la thérapeutique médico-chirurgicale. Signalons seulement en passant, à côté des tumeurs médullaires, toute la pathologie discale et les hernies nucléaires, chapitres nouveaux de la pathologie comme de la radiologie.

Le lipiodol ordinaire, dit encore lipiodol lourd, étant peu utilisable pour l'exploration des cavités cérébrales, et notamment des ventricules latéraux, l'on avait cherché à obtenir un lipiodol léger moins riche en iode, mais qui, tout en conservant son caractère d'opacité aux rayons, pouvait être susceptible de qualités ascensionnelles lui permettant de s'élever dans les liquides. Ce lipiodol ascendant s'est montré moins fécond dans ses applications que le lipiodol lourd, et ses inconvénients pour l'exploration des cavités cérébrales l'ont fait généralement abandonner. Presque seuls, quelques auteurs sud-américains ont su en obtenir des données nouvelles et intéressantes. Mais, d'une façon générale, c'est à peu près exclusivement aux contrastes éclaircissants et en particulier à l'air, qu'ont recours aujourd'hui tous ceux qui pratiquent la ventriculographie.

Née en Amérique, cette technique s'est considérablement répandue et se trouve journellement appliquée partout.

Elle nous permet de visualiser les ventricules latéraux, le 3e ventricule, et d'obtenir, en interprétant les déformations que subissent ceux-ci dans leurs différentes parties, des renseignements de première importance sur la localisation cérébrale d'abcès, de tumeurs, de concrétions calcifiées, de parasites, dont le chirurgien peut ainsi songer à pratiquer l'ouverture ou l'exérèse avec un minimum de dégâts et dans les conditions les plus favorables.

Nous aurions peine à nous représenter, sans elle, aujourd'hui les interventions si délicates de la neuro-chirurgie.

Nous avons laissé entrevoir l'application du lipiodo-diagnostic à l'exploration radiologique de l'appareil respiratoire. Faite en France à la fin de 1921, elle a constitué l'étape décisive pour la mise en évidence des contours et des aspects normaux ou pathologiques des cavités de la trachée, des bronches et des poumons, et a fait oublier, pour méritoires qu'elles fussent, toutes les tentatives anté-

rieures dans la même voie. Les progrès qu'elle a permis de réaliser dans le diagnostic, autrefois si difficile, des dilatations bronchiques sont considérables, et elle fait partie de tout examen méthodique de l'arbre respiratoire. On peut y rattacher l'opacification de la cavité pleurale qui fournit les précisions voulues sur l'étendue et la localisation des poches de cette séreuse, tandis que l'injection transpariétale de lipiodol, pour l'exploration des abcès du poumon et de certaines cavernes, est parfois précieuse.

APPAREIL DIGESTIF. — Tandis qu'au niveau du thorax, la disposition des organes est telle, nous l'avons dit, que les contrastes entre les ombres et les clartés, nécessaires pour fournir des images radiologiques utilisables aux fins d'un diagnostic médical ou chirurgical, s'y trouvent établis tout naturellement, il n'en va pas de même au niveau de l'abdomen, par exemple.

Les ombres produites par les viscères et les autres parties molles, de composition chimique et de densité assez peu différentes, ne fournissent, en effet, sur l'écran ou sur le film, que des tonalités grises à peu près uniformes au milieu desquelles tranchent seulement les taches claires dues à la bulle d'air gastrique ou à quelques bulles gazeuses, et les zones plus sombres projetées par les corps vertébraux.

Les chances de faire profiter la pathologie viscérale, et en particulier la pathologie digestive, des avantages fournis pour l'étude du squelette ou la recherche des corps étrangers, grâce à la découverte de RŒNTGEN, semblaient donc minimes et restreintes à la recherche des calculs opaques.

Mais l'emploi, dès 1896 et 1897, d'abord par TUFFIER, de sondes métalliques opaques, pour visualiser le trajet de certains conduits viscéraux tels que l'urèthre et l'œsophage, devait faire venir naturellement à l'esprit l'idée de créer, à la suite de l'ingestion ou l'injection de substances plus opaques ou plus transparentes que les tissus qui les recevaient, des contrastes artificiels, capables de nous fournir, en ombre ou en clarté, la projection du moulage intérieur des divers segments de ces organes.

Le bismuth, d'abord utilisé, et le baryum qui s'y substitua au cours de la première guerre mondiale, quand les prix du carbonate de bismuth se furent considérablement élevés en même temps que diminuaient les arrivages, permirent le développement progressif de la radiologie digestive qui allait transformer entièrement la pathologie et même la chirurgie de l'œsophage, de l'estomac et de l'intestin, les transformer peut-être plus profondément encore que n'avait été modifiée notre connaissance du squelette.

Cette transformation, effectuée d'abord en grande partie par la seule exploration à l'écran, portait surtout sur la morphologie et la topographie et sur le fonctionnement, sur la physiologie normale et pathologique de l'appareil digestif.

Laissant de côté les âpres discussions soulevées à la suite des travaux de l'école de Vienne sur la forme de l'estomac normal, et qui n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt historique, rappelons seulement que c'est grâce aux rayons de RŒNTGEN et à l'écran fluorescent que put se réaliser, pour la première fois, la vision et l'étude sur l'homme vivant, non anesthésié ni opéré, du fonctionnement de ses viscères digestifs, fonctionnement dont lui-même reste inconscient. Sur ce merveilleux spectacle dont nos prédécesseurs ne soupçonnaient même pas la possibilité, notre curiosité est, comme pour le cœur, un peu émoussée depuis un demi-siècle que nous la pouvons satisfaire chaque jour sans difficultés. Pourtant, quels secrets ne nous a-t-elle pas livrés, en nous montrant d'abord des images comme celles de la niche de la petite courbure révélatrice de l'ulcère ou de la lacune décelant la présence d'une tumeur maligne de la région antrale ?

Il fallait les progrès incessants de la technique produisant les films à double émulsion de plus en plus rapides, des écrans renforçateurs toujours plus parfaits, des générateurs sans cesse plus puissants et des tubes capables de supporter l'énergie produite, pour nous permettre de poursuivre jusqu'à un point insoupçonné, la finesse et le nombre des diagnostics digestifs, pour arriver à mettre en évidence l'image même des lésions viscérales les plus petites, de ces ulcères duodénaux si fréquents et que l'on croyait naguère si rares !

Grâce à la radiographie en série qui permet d'affirmer la constance des images et de les rapporter à une lésion organique de la paroi viscérale, la précision et la sûreté de ces diagnostics radiologiques sont devenues telles que l'on en est arrivé à leur accorder, lorsque les conclusions en sont fournies par des juges qualifiés, une confiance plus grande encore qu'au contrôle direct de la vue et du toucher exercé, le ventre ouvert, par le chirurgien qui explore des yeux et palpe de sa main gantée la surface du bulbe duodénal ou de l'estomac !

Devant de si admirables résultats et la mise en évidence de si minimes lésions, comment ne pas supposer que l'examen radiologique, capable de nous montrer l'image de tumeurs de la taille d'un petit pois, allait nous mettre à même de déceler le cancer gastrique à ses débuts et de l'opérer d'une façon précoce, donc avec les meilleures chances de succès ?

Mais nous savons tous combien sont tardifs les signes cliniques de la plupart des tumeurs malignes de l'estomac, et les malades qui se présentent pour la première fois au radiologiste portent déjà, trop souvent, des lésions anciennes et très avancées dont bien peu sont encore susceptibles d'exérèse dans des conditions favorables. Le merveilleux instrument de dépistage précoce que le radiodiagnostic a mis dans nos mains se trouve donc dépassé par des réalités de la pratique que seule une éducation du public et du praticien peut espérer modifier.

C'est seulement par son long et patient labeur, en analysant minutieusement de très nombreuses images et les confrontant sans cesse avec les données cliniques, en utilisant une méthode à la fois radio et anatomo-clinique, mais surtout grâce à la possibilité, réalisée dans certains de nos services hospitaliers, de suivre longuement les mêmes malades et d'assister à l'évolution de leur image radio-

graphique comme de leur symptomatologie, qu'au cours des dernières années qui ont précédé la guerre, ce diagnostic précoce du cancer de l'estomac est entré enfin dans une voie nouvelle et féconde, essentiellement, il faut bien le dire, grâce au labeur de radiologistes, de médecins, de chirurgiens et d'anatomo-pathologistes français. Nous savons ainsi surprendre son image, alors qu'il n'en est encore qu'à un stade purement muqueux.

Vous savez tous, mais je ne puis m'empêcher de vous le rappeler, l'importance d'un diagnostic radiologique du cancer gastrique au début et la responsabilité de celui qui le pose, conduisant parfois aujourd'hui le chirurgien à pratiquer une gastrectomie, sans autre point d'appui que quelques données cliniques et la confiance qu'il a dans celui qui interprète l'image radiographique et constate la présence d'une niche plate ou d'une image encastrée.

C'est vous dire aussi l'immense importance dévolue aux substances de contraste dans les progrès, non seulement de la pathologie digestive, mais encore de la pathologie tout entière.

Pour étonnants qu'ils fussent, ces progrès se trouvaient limités, cependant, aux « organes creux » en communication directe avec l'extérieur, tandis que tout l'arbre biliaire par exemple, normalement inaccessible aux substances de contraste, en restait exclu, ou du moins ne profitait que des progrès techniques facilitant la mise en évidence directe des calculs, pour les visualiser un peu plus souvent.

De la collaboration de savants américains allait naître une branche technique nouvelle. Greffant, en quelque sorte, sur une molécule organique une substance opaque, ils allaient réaliser une substance de contraste capable d'être éliminée sélectivement dans le liquide élaboré par un organe interne, en l'espèce la bile. Accumulée dans son réservoir vésiculaire, elle allait permettre d'en obtenir une ombre et d'en déterminer, pour la première fois, la morphologie et la topographie à travers les téguments. Bien plus, les calculs biliaires, si souvent transparents au rayonnement de RŒNTGEN, et échappant par suite à notre exploration, allaient, en déplaçant un volume de bile opaque correspondant à leurs dimensions, former une tache claire dans l'ombre vésiculaire, décelant ainsi leur présence avec autant de certitude que s'ils eussent été opaques eux-mêmes et directement visibles.

Le brome, d'abord employé comme opacifiant, on dit quelquefois d'une façon imagée, mais en réalité inexacte, comme colorant, était bientôt remplacé par l'iode. On l'injectait dans la circulation par la voie veineuse. On se contente presque toujours aujourd'hui de le faire ingérer et des substances nouvelles, moins désagréables au goût, ont été depuis mises en usage.

A l'étude morphologique, on a associé, grâce au repas de Boyden, celle de la physiologie de l'évacuation vésiculaire qui nous réserve encore une riche moisson de connaissances.

L'extension de la chirurgie des voies biliaires, avec la pratique des drainages, a fourni l'occasion de plus en plus fréquente d'y injecter directement une substance opaque : la cholangiographie est née ainsi et son application est devenue quotidienne pour la recherche des calculs du cystique ou du cholédoque, comme de la perméabilité de ces conduits, de l'action sur leur comportement de divers médicaments sous le contrôle de la manométrie biliaire.

Assez nombreux sont aujourd'hui les chirurgiens qui font pratiquer la cholangiographie au cours même de leur intervention, pour déceler des calculs qui pourraient passer inaperçus à l'exploration directe.

Quant à la masse hépatique elle-même, ombre uniforme dont nous ne pouvions guère étudier que les contours, elle va sans doute livrer peu à peu à nos films quelques-uns de ses secrets, grâce à l'emploi de sols iodés qui l'opacifient, tout comme le parenchyme splénique, sans offrir les dangers des substances opaques de la série du thorium fixées sur le système réticulo-endothélial, et dont la radioactivité constitue, à la longue, une menace pour l'organisme.

Ainsi s'affirme de toutes parts plus fréquente et plus étroite la collaboration radio-chirurgicale poursuivie dans une confiance mutuelle, qui est l'indispensable condition du succès et qui a transformé et mutiplié les indications de la radiologie d'urgence.

En pathologie viscérale, elles ne sont nulle part et plus impérieuses et plus riches en résultats féconds que dans le chapitre des occlusions. Alors qu'autrefois les chirurgiens avaient tendance à redouter le retard apporté à une intervention qui n'avait déjà que trop attendu le plus souvent, ce sont eux-mêmes qui désirent aujourd'hui ne pas être privés des indications, précieuses pour le choix de l'incision et de la conduite de l'intervention, que va leur fournir l'examen radiologique.

Il est juste de dire, d'ailleurs, que celui-ci, rendu facile même pour les malades les plus fatigués, grâce aux tables basculantes, permet de constater un pneumo-péritoine spontané traduisant la perforation d'un viscère et, sans ingestion opaque, l'existence de ces niveaux liquides qui localisent sur le grêle la lésion cherchée, ou de reconnaître, grâce au lavement baryté, la bride, le volvulus, — et plus souvent encore, hélas ! — l'image lacunaire néoplasique, quand c'est sur le cadre colique qu'il faudra intervenir.

Encore n'ai-je parlé ni du volvulus du cæcum et du siège sous-hépatique de l'appendice, dont l'opérateur peut toujours connaître aujourd'hui la position, et n'ai-je pas signalé, dans l'examen classique habituel, la recherche des diverticules du gros intestin, de ses tumeurs bénignes ou malignes dans leur étape présténosante, non plus que tant d'autres lésions que la radiographie simple ou avec clichés en série nous apprend désormais à reconnaître. Je n'ai pas relaté davantage l'emploi des contrastes éclaircissants avec l'insufflation gazeuse de l'estomac et du côlon et le pneumo-péritoine, non plus que l'association des contrastes éclaircissants et opacifiants connue sous le nom de méthode de double contraste, avec les résultats qu'elle comporte.

Je ne peux que mentionner l'application, d'abord faite en France pour le cœur, mais aujourd'hui

étendue à tous les organes mobiles, de la cinémato-radiographie, merveilleux moyen d'enseignement et de recherche physiologique.

Si vous voulez vous rendre compte, beaucoup mieux que par cette esquisse trop incomplète, du merveilleux chemin parcouru en gastro-entérologie grâce aux rayons X, reportez-vous un instant, par la pensée, à l'ère préradiologique. Que connaissions-nous, cliniquement, des maladies de l'œsophage ? Les sténoses par liquide caustique ou par cancer, localisées uniquement par un cathétérisme aveugle, ainsi que l'étaient généralement les corps étrangers.

A l'estomac, le chapitre des dyspepsies et de la dilatation restait digne de Molière. L'ulcère simple ne nous apparaissait que sous sa forme hémorragique ou perforante, et le cancer quand il était inopérable. Nous ignorions à peu près totalement l'ulcère duodénal...; mais je m'arrête et vous laisse poursuivre mentalement, sur les autres segments digestifs, cette comparaison que vous pourrez appliquer à tous les autres organes : *Ab uno disce omnes.*

L'APPAREIL URINAIRE. — Plus généralement opaques, par suite de leur composition chimique, que les calculs biliaires, les concrétions de l'arbre urinaire étaient, depuis assez longtemps déjà, recherchées par la radiographie, lorsque l'opacification de ses divers segments commença réellement à entrer dans la pratique. Malgré ses dangers, dus à l'emploi de substances nocives pour le parenchyme rénal, irritantes et douloureuses, l'injection par cathétérisme de l'uretère, dans ce conduit, dans le bassinet et les calices, d'un produit opaque (réalisée d'abord en Allemagne), montra bientôt, malgré les limitations imposées à son emploi, tout son intérêt, et renouvela la pathologie urinaire dans une mesure presqu'aussi grande que le repas et le lavement opaque pour le tube digestif. Le diagnostic des malformations congénitales si fréquentes, l'importance des hydronéphroses, l'étude de la tuberculose et des tumeurs du rein, de la ptose, les diverticules de la vessie et même la pathologie de l'urèthre, cependant assez facilement accessible à l'exploration par vision directe, étaient des étapes successives et importantes du radiodiagnostic urinaire.

De la cholécystographie devait dériver bientôt l'emploi de substances de contraste s'éliminant sélectivement dans l'urine au niveau du rein, et permettant ce que l'on appelle aujourd'hui *l'urographie intra-veineuse.* Non seulement ces substances ouvraient la route à une technique nouvelle et encore en voie de développement, mais elles allaient permettre encore, par leur innocuité et l'absence de réactions douloureuses, d'étendre les indications et l'emploi de l'urétéro-pyélographie par les voies naturelles, dite aussi ascendante ou instrumentale.

Enfin, tant il est vrai que d'un procédé technique nouveau, mais en lui-même souvent peu important, en apparence du moins, peut naître le développement imprévu et considérable de toute une branche de la science ou de l'art, rappelons qu'un usage déjà bien ancien, celui de la compression de l'abdomen, habilement appliqué avec une topographie précise au blocage des uretères sur le plan osseux sacro-iliaque, a donné à l'U. I. V. un renouveau d'importance. Grâce à elle, on peut obtenir des images de réplétion des calices et du bassinet à peu près aussi parfaites que celles de la pyélographie ascendante, dont l'emploi se trouve ainsi de jour en jour restreint et dont les désagréments, pour réduits qu'ils fussent depuis l'apparition des substances nouvelles du type iode-urée, n'en restaient pas moins généralement, surtout pour le sexe masculin, très supérieurs à ceux d'une simple piqûre intra-veineuse. Ses contre-indications sont presque nulles, si bien que l'examen peut se faire facilement, même en dehors de l'hôpital ou de la clinique, au cabinet du radiologiste et qu'il peut s'appliquer même chez l'enfant.

Fournissant à peu près tous les renseignements de la pyélographie et y ajoutant certaines indications fonctionnelles, l'urographie intraveineuse joue aujourd'hui un rôle particulièrement important dans le diagnostic, le pronostic et le choix de la thérapeutique de la tuberculose urinaire, et nous fournira certainement bientôt encore de nouveaux développements.

J'ajouterai que même les capsules surrénales, bénéficiant des progrès de la technique et du développement de nos connaissances, peuvent faire assez souvent, elles aussi, l'objet de nos explorations radiologiques et nous fournir, en faveur du diagnostic de certaines tumeurs ou de la maladie d'Addison, des renseignements d'importance.

Par une sorte de choc en retour, l'emploi des substances contrastantes du type iode-urée, non irritantes puisqu'injectables dans la circulation, allait permettre d'autres progrès, en particulier en facilitant l'étude des articulations par la mise en évidence des surfaces cartilagineuses et des ménisques du genou en particulier.

C'est encore au lipiodol que nous devons une autre modalité d'application, particulièrement importante dans la pratique, des substances de contraste opacifiantes : *l'hystéro-salpingographie.*

Les premieres images de la cavité utérine injectée avec une substance opaque aux rayons avaient été obtenues en France, en 1914; mais, en raison de la guerre, ces travaux ne furent connus qu'en 1916. Les substances opaques employées provoquèrent des accidents et la méthode ne put reprendre son essor que lorsque les observations de différents auteurs eurent montré son innocuité, grâce au lipiodol.

Dès lors, des travaux nombreux sont publiés, dans tous les pays, particulièrement en France, apportant des contributions nouvelles à la physiologie normale et pathologique de l'appareil génital féminin, en même temps qu'au radiodiagnostic de ses affections.

Les sels de thorium, puis le ténébryl, furent parfois employés ensuite aux mêmes fins et surtout pour obtenir des images d'évacuation.

Le contrôle du passage du lipiodol à travers les trompes, la salpingographie, a ouvert d'autre part deux chapitres nouveaux et importants du diagnostic gynécologique : celui de l'hydro- et du pyo-

salpinx d'une part, celui surtout des obturations tubaires et du diagnostic des causes de la stérilité d'autre part. Alors que l'on a tant insisté récemment sur les possibilités de stérilisation ou de malformation qui pourraient éventuellement être dues aux examens radiologiques, sans parler de la radiothérapie, il n'est peut-être pas inopportun de signaler que de nombreux enfants doivent aujourd'hui leur existence au lipiodo-diagnostic et à la salpingographie, qui a tant de fois réussi à frayer un passage tubaire.

Le radiodiagnostic en obstétrique. — L'étude du bassin osseux et de ses déformations, si importantes à connaître pour l'accoucheur, devait bientôt conduire à la mesure de ses diamètres par la méthode radiologique désignée sous le nom de radiopelvimétrie, d'abord propagée chez nous par Haret. Grâce à ses progrès, il est facile de se rendre compte de la congruence entre les diamètres du bassin et ceux de la tête fœtale, et de ne pratiquer une opération césarienne que dans un minimum de cas.

L'application à l'étude de la physiologie normale ou pathologique de la grossesse, et surtout du travail et de l'accouchement, inaugurée il y a longtemps, surtout en Allemagne, forme une autre partie très intéressante de ce domaine spécial.

Si l'idée du radiodiagnostic de la grossesse était venue déjà au remarquable novateur que fut Varnier, il fallut attendre de nombreuses années avant que les progrès de la technique permissent de faire apparaître assez régulièrement sur les films l'image du squelette fœtal pour songer à en faire une méthode cliniquement applicable. Nous savons aujourd'hui que les conditions physiques qui régissent l'obtention des images radiographiques d'une part, et l'évolution naturelle de la calcification du squelette fœtal de l'autre, ne nous permettent guère d'avoir régulièrement un résultat positif avant quatre mois ou même quatre mois et demi.

Il ne saurait donc être question d'utiliser la méthode pour le diagnostic précoce de la grossesse. Les techniques biologiques modernes ont même enlevé, à ce point de vue, une partie de son intérêt au radiodiagnostic qui pourra cependant être encore employé avec avantage dans nombre de cas particuliers, mais qui reste, de toute façon, le seul moyen de diagnostiquer avec certitude les grossesses gémellaires ou multiples et certaines grossesses ectopiques.

Bien entendu, la radiographie nous renseignera avec exactitude sur la position du fœtus et aussi sur son attitude. Elle a transformé nos connaissances sur ce sujet en montrant la multiplicité et la variété presque illimitée de ces attitudes au lieu de la fixité et de la rigidité quasi schématique que l'on croyait, auparavant, être l'apanage du fœtus *in utero*.

En outre, de la simple constatation des ombres fœtales, on en est venu, peu à peu, à reconnaître certaines malformations dont la première et la plus aisément diagnostiquée fut évidemment l'anencéphalie.

Des progrès techniques incessants et des études patientes accumulent tous les ans, dans chacune des branches de l'art médical, les avances réalisées par le radiodiagnostic obstétrical qui permet désormais de reconnaître, par exmple, le placenta prævia.

Rappellerai-je que l'on a même essayé d'opacifier le liquide amniotique et d'obtenir, sur certaines projections heureuses, des images qui permettaient de reconnaître le sexe de l'enfant avant sa naissance ?

Si les dangers de cette technique semblent l'avoir fait momentanément abandonner, peut-être la verrons-nous revivre sous une forme plus parfaite avec de nouvelles substances de contraste plus inoffensives.

En somme, il n'est plus une seule spécialité, ophtalmologie, oto-rhino-laryngologie, neurologie, gynécologie, stomatologie, etc., qui ne se trouve obligée d'avoir recours quotidiennement, pour poser ou étayer ses diagnostics, aux rayons X qui sont aussi constamment utilisés en médecine expérimentale.

⁂

Je signalais, au début de cet exposé, qu'une certaine ironie et un très grand scepticisme avaient accueilli, pendant assez longtemps, la découverte de Rœntgen. Il fallut des années pour que, même dans les milieux médicaux, l'on commençât à comprendre ce que les nouveaux rayons permettaient ou devaient permettre un jour d'explorer. Si je pouvais faire passer sous vos yeux la collection des dessins humoristiques inspirés par la découverte de Rœntgen, vous verriez qu'elle était trop souvent confondue alors avec une sorte de vision directe supprimant les barrières de la pudeur ou donnant aux douaniers des armes redoutables contre les fraudeurs.

Voici un extrait d'un article d'un journal médical de février 1896 : « La nouvelle de la découverte faite par le Pr Rœntgen a été considérée d'abord comme une plaisanterie scientifique ou une mystification. Elle paraît cependant se confirmer, mais on peut se demander si elle sera vraiment susceptible d'applications utiles en médecine et en chirurgie. »

Cette citation montre que les milieux médicaux n'étaient souvent guère plus perspicaces que les autres.

Chez nous, presque seul à l'époque, Béclère, que nous devons considérer comme le père véritable de la radiologie française et auquel notre science doit tant, eut à peu près seul l'intuition, merveilleusement exacte et presque prophétique, du rôle immense qui serait dévolu aux rayons X dans les sciences médicales.

Avec une foi et une abnégation qui ne se sont jamais démenties, il a parcouru tout le domaine du radiodiagnostic et a laissé, dans chacune de ses branches, une impression si forte que nous sommes

encore surpris en lisant certains de ses travaux, qui datent de trente et de quarante ans, de voir qu'ils n'ont presque rien perdu de leur actualité.

C'est lui qui, répondant à tant d'objections faites alors, à l'emploi des nouvelles radiations en raison des erreurs de diagnostic ou de localisation qu'entraînaient une connaissance insuffisante ou une inexacte interprétation des images obtenues, disait : « Les rayons de RŒNTGEN ne trompent jamais, c'est nous qui nous trompons en leur demandant plus qu'ils ne peuvent nous donner ou en interprétant mal leur langage. »

Si les progrès réalisés depuis RŒNTGEN sont immenses et seraient susceptibles de nous faire croire que le domaine du radiodiagnostic a été entièrement parcouru et ne doit plus nous livrer de nouvelles conquêtes, nous pouvons cependant, je crois, nous rassurer à ce point de vue en remarquant que les dernières années qui viennent de s'écouler n'ont pas été moins riches que leurs devancières en progrès nouveaux.

Des techniques plus précises, l'emploi plus étendu de la tomographie, en particulier, nous réservent sans doute quelques surprises.

Les moyens de contraste à élimination sélective pourront étendre encore à divers organes leurs fructueuses applications, tandis que nombre de spécialités, comme l'O.-R.-L., s'enrichiront de diagnostics radiologiques nouveaux. Mais je pense surtout que nous devons attendre les progrès les plus intéressants d'une symbiose radio-chirurgicale de plus en plus parfaite, comme celle qu'ont amorcée l'emploi des enclouages fémoraux, du brochage des os longs, de l'arthrographie, de l'artério- et de la phlébographie. Pour être généralement moins spectaculaire et suivie d'effets moins immédiats, la collaboration radio-médicale ne s'en est pas moins réalisée, elle aussi, de plus en plus parfaitement et de la façon la plus complète.

Je ne puis donc que bien augurer de l'avenir du radiodiagnostic clinique.

Branche nouvelle dans la ramure touffue d'un arbre multi-séculaire, il n'est venu ni en intrus ni en ennemi de ses aînées, et n'a jamais songé à réveiller quelque nouvelle querelle des anciens et des modernes. Il apporte, au contraire, à qui sait entendre son langage et confirmer ses dires en s'appuyant sur les branches voisines et sur une solide éducation clinique, la clé de bien des énigmes et des solutions de plus en plus nombreuses pour bien des mystères, comme l'instrument indispensable dans l'application de multiples modalités thérapeutiques.

LES RAYONS X EN THÉRAPEUTIQUE

Par J. BELOT,
Chef du Service de Radiologie de l'Institut du Cancer.

RŒNTGEN, dans la communication annonçant la découverte du rayonnement qui porte son nom, avait prévu le rôle qu'il pouvait jouer dans l'exploration de l'organisme. Rien ne lui permettait de soupçonner que ces nouveaux rayons étaient capables, en abandonnant une partie de leur énergie dans les organismes vivants, de provoquer des altérations pouvant aller de la simple irritation jusqu'à la destruction.

Ce fut en effet une surprise quand, en 1896, un Anglais, STEVENS, observa, sur la peau d'un manipulateur de rayons X, un érythème intense, accompagné, en certains points, d'éruption de caractère insolite. Presque en même temps, JOHN DANIEL signalait la chute des cheveux chez un individu dont la tête avait été longuement exposée aux rayons de RŒNTGEN; l'alopécie était apparue une vingtaine de jours après l'exposition. Des lésions plus accentuées : desquamation, phlyctènes, dermites plus ou moins profondes, allant jusqu'à la nécrose et parfois même accompagnées de quelques troubles généraux, furent rapportées par divers expérimentateurs. Ces faits parurent si extraordinaires que l'on discuta pendant plusieurs années quelle pouvait en être la cause.

D'abord imputées aux rayons X eux-mêmes, ces lésions furent ensuite attribuées à des facteurs divers, en particulier aux phénomènes qui se déroulaient autour d'une ampoule en activité. Le champ électrique fut considéré comme l'agent actif, jusqu'au jour où un médecin viennois, KIENBOEK, démontra que seuls les rayons de RŒNTGEN étaient responsables des réactions observées.

Pendant ce temps, des histologistes avaient examiné les tissus lésés et observé des altérations cellulaires extrêmement curieuses.

De toutes ces constatations, parfois contradictoires, il résultait un fait : les rayons X étaient *susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer, sur les tissus, des réactions dont l'intensité semblait être en rapport avec la plus ou moins grande durée de leur exposition au rayonnement.* De plus, il semblait bien que, parmi les tissus, il en était de plus sensibles que d'autres, puisque certains d'entre eux, tels que les cellules génératrices du poil, pouvaient être gravement atteints, sans que la peau qui les entoure ait été modifiée.

Plusieurs médecins eurent alors l'idée d'utiliser, dans un but thérapeutique, quelques-uns des effets observés. C'est ainsi que SCHIFF et FREUND, de Vienne, eurent recours à l'action dépilante des rayons X dans les maladies du système pileux. D'autres se dirent avec raison, qu'à côté de quelques faits observés, par hasard, il pouvait et il devait en exister d'autres encore inconnus. C'est alors que fut tentée, d'abord avec prudence, parfois avec témérité, l'irradiation des tissus sains et de diverses productions pathologiques, pour étudier sur eux les effets du rayonnement. La Rœntgenthérapie était née.

A ces tentatives empiriques, succédèrent assez vite des essais plus rationnels, parce que guidés par la connaissance de réactions biologiques, après expérimentation sur les animaux. Mais le gros obstacle au développement de ces tentatives thérapeutiques était l'absence presque totale d'instruments de mesure qui rendait très difficile la reproduction des guérisons publiées : on n'était fixé ni sur la dose administrée, ni sur la qualité du rayonnement.

Quoi qu'il en fut, à la suite de quelques résultats inattendus, tels que la disparition de glandes, de tumeurs cutanées, et même de productions plus profondément situées, on acquit la certitude que les rayons de RŒNTGEN constituaient un agent thérapeutique extraordinairement puissant, dont les effets étaient encore mal connus.

Pour essayer de les préciser, les biologistes soumirent au rayonnement des bactéries, des protozoaires et constatèrent que, parmi ces micro-organismes, il en était de plus vulnérables que d'autres : des irradiations intenses pouvaient déterminer la mort de quelques-uns d'entre eux.

D'autre part, on put déterminer, sur de petits animaux, la destruction de cellules particulièrement sensibles, profondément situées (ganglions lymphatiques, testicules, ovaires, moelle osseuse, etc.), sans que la peau et les tissus interposés aient été altérés. Tout cela démontrait qu'il existait de très grandes différences de sensibilité et qu'elle semblait avoir un point de départ cellulaire. On chercha, dans le comportement des éléments vivants, les causes de la différence des réactions observées.

A cet effet, BERGONIÉ et TRIBONDEAU formulèrent en 1906, la loi qui porte leur nom. Elle s'exprime ainsi : « *Les rayons X agissent avec d'autant plus d'intensité sur les cellules que l'activité reproductrice de ces cellules est plus grande, que leur avenir kariokinétique est plus long, que leur morphologie et leurs fonctions sont moins définitivement fixées.* »

L'emploi, en quantité plus élevée, d'un rayonnement X plus pénétrant, permit d'observer des sensibilités inattendues et des réactions générales importantes qui obligèrent à réviser les conceptions précédentes.

L'action biologique des rayons X est en rapport direct avec l'action ionisante du rayonnement

absorbé par la matière vivante. Mais cette absorption ne doit pas se produire également dans les trois formations constitutives de l'organisme : *cellules, substances extra-cellulaires, humeurs*; l'ionisation aura des conséquences très différentes selon qu'elle se produira dans une cellule, dans une fibre ou dans le plasma, au hasard de l'absorption d'un rayon. Il en résultera des *effets cytologiques*, des *effets exoplasmiques* et des *effets humoraux* très différents les uns des autres.

Au point de vue thérapeutique, l'effet sur la cellule est le plus important : vient ensuite l'action sur les substances extra-cellulaires; enfin les liquides interstitiels et humoraux subissent des modifications dans leur composition physico-chimique qui conditionnent certaines réactions encore mal connues.

Les biologistes admettent que la radiosensibilité cellulaire apparaît comme étant, dans chaque espèce cellulaire, fonction de deux facteurs principaux : *la texture histologique qui conditionne le volume respectif des zones sensibles, dont l'atteinte par des projectiles ionisants déclenche la lésion déterminée, et la composition physico-chimique qui conditionne le nombre de projectiles nécessaires à la désintégration des molécules constitutives des organites cellulaires* (LACASSAGNE).

Si, à la lumière de ces données, on cherche à fixer la valeur des lois de Bergonié et Tribondeau, on peut dire qu'elles traduisent une coïncidence entre un grand volume relatif de certaines zones sensibles (centrosomes, noyaux) et l'activité de division de l'espèce cellulaire.

On voit, par cet aperçu, la complexité des effets du rayonnement et la difficulté d'appréciation du mécanisme de ses effets.

En considérant la question d'une façon plus objective, on peut dire qu'il existe, entre les divers éléments de l'organisme, des différences de sensibilité très marquées. Pour une même absorption, certains peuvent être frappés de mort, tandis que ceux qui les entourent ne sont que peu ou pas influencés. Parmi les éléments simplement touchés, il en est qui se régénèrent complètement; d'autres, plus altérés, perdent une partie de leurs fonctions. Enfin, fait capital, *les tissus atteints par un processus pathologique sont ordinairement plus sensibles que ceux dont l'état est resté normal.*

La connaissance des différences de radiosensibilité des tissus a permis de déterminer la quantité d'énergie nécessaire et suffisante pour un effet thérapeutique. On peut, par une dose appropriée, détruire des productions pathologiques, sans léser les tissus au milieu desquels elles se sont développées: il suffit que la radiosensibilité de ces tissus soit plus faible que celle des éléments constituant la lésion. C'est à cette action si particulière qu'on a donné le nom d'EFFET SÉLECTIF, et c'est en lui que réside la supériorité de la rœntgenthérapie sur les autres méthodes thérapeutiques.

Mais le mécanisme de l'action des rayons X, en dehors de quelques faits précis apportés par la biologie, reste obscur et souvent hypothétique : *action physique, action physico-chimique, action chimique...* On ne sait, au juste, par lequel de ces effets, l'ionisation conduit à la désintégration des édifices moléculaires.

Pratiquement, on rapporte ces effets à trois modes d'action : *destruction cellulaire, action régulatrice sur certains organes en hyperfonctionnement, effets de révulsion et de fonte élective sur toute une série d'inflammations, d'infections et de processus proliférants et cicatriciels.*

L'application des rayons X à la thérapeutique se fait de diverses façons. Le rayonnement peut être dirigé directement sur le territoire malade; si la lésion, profondément située, nécessite des applications multiples et intenses, on attaquera le foyer malade par plusieurs portes d'entrée : ainsi, la peau et les tissus interposés conserveront leur intégrité; *la plus grande somme d'énergie se concentrera sur la formation pathologique.* Si le traitement doit attaquer des éléments disséminés dans tout l'organisme, on a recours à la télérœntgenthérapie, méthode qui consiste à placer l'ampoule assez loin du sujet pour que le rayonnement couvre uniformément le corps tout entier : divers artifices ont été imaginés dans ce but. Enfin, des dispositifs récents permettent d'introduire, dans les cavités naturelles, la source des rayons X, réalisant ainsi une rœntgenthérapie dite *de contact.*

Pour chacune de ces méthodes, il appartient au spécialiste de déterminer la *longueur d'onde du rayonnement, la quantité nécessaire, le rythme des applications, la distance du foyer à la peau, ensemble de facteurs* qui sont commandés par la nature des lésions, leur situation, leur étendue et la résistance du sujet qui les porte.

Ces quelques considérations permettent de comprendre la complexité de la thérapeutique par les radiations ionisantes : elle réclame de ceux qui l'appliquent des connaissances médicales et techniques très approfondies, et *surtout*, un SENS CLINIQUE, fruit d'une longue et laborieuse expérience.

⁂

Voyons, maintenant, les résultats obtenus à l'aide des rayons X. Si l'on voulait aborder ce sujet sans discrimination, c'est toute la pathologie qu'il faudrait passer en revue, car la méthode a été appliquée à un très grand nombre de maladies; aussi, me semble-t-il préférable de ne faire état que des résultats solidement établis. Je ne considérerai donc, dans cet exposé, que les affections pour lesquelles la radiothérapie constitue une thérapeutique vraiment utile, en insistant sur celles dont elle est l'unique remède; je les diviserai en deux catégories : *les maladies non cancéreuses* et *le cancer pris dans son sens le plus large.*

Les *maladies de la peau* furent les premières traitées par les rayons de RŒNTGEN. La situation des lésions ordinairement limitées au derme, la facilité de l'observation des réactions consécutives au traitement, en sont les principales raisons. On peut dire que presque toutes les affections cutanées ont été soumises à la rœntgenthérapie; mais, à côté de résultats brillants et souvent inattendus, il en fut de moins nets.

Cependant déjà, en 1904, le grand dermatologiste LOUIS BROCQ pouvait écrire, dans la préface du

premier Traité de Radiothérapie paru au monde : « La rœntgenthérapie domine la thérapeutique dermatologique. » Si, depuis cette époque, le traitement des dermatoses par les rayons X a été parfois sévèrement jugé, et même quelque peu délaissé, cela tient à deux causes principales : doses de rayonnement mal choisies et imparfaitement appliquées, manque de discrimination entre les cas justiciables et ceux qui relèvent d'un autre procédé. Il n'en est pas moins certain qu'un bon technicien, doublé d'un dermatologiste éclairé, réalisera des cures merveilleuses, là où ont échoué les thérapeutiques les plus diverses.

L'action dépilante des rayons X a transformé le traitement des teignes et des sycosis en réduisant à quelques semaines la durée des soins. Vingt-huit jours après une seule application sans le moindre trouble cutané, les cheveux tombent, entraînant les champignons qu'ils contiennent. La repousse se fait, *normale*, trois mois plus tard.

Les dermatoses suintantes, les dermatoses prurigineuses, l'eczéma, l'acné, les séborrhées, le psoriasis, les lichénifications guérissent rapidement. Les tumeurs bénignes de la peau : kéloïdes, papillomes, verrues, etc..., disparaissent sans laisser de trace; *la plupart des tumeurs malignes sont guéries par des irradiations bien conduites.*

Enfin, certaines dermatoses à caractère proliférant, telles les lymphadénies cutanées, le mycosis fongoïde, fondent comme la neige au soleil. Les rayons X constituent, pour ces tumeurs, la seule médication active; avant leur découverte, rien ne pouvait arrêter l'évolution fatale. La tumeur s'efface, sans aucun trouble des tissus dans lesquels elle s'est développée : la grande différence de radiosensibilité explique ce résultat merveilleux.

Les glandes à sécrétion interne peuvent être en état de dysfonctionnement, avec hypersécrétion, sécrétion anormale ou sécrétion insuffisante. Les maladies qui en résultent sont nombreuses : le goitre exophtalmique, l'acromégalie, le gigantisme, certaines formes d'obésité générale ou localisée, pour ne citer que les principales : la rœntgenthérapie est capable de déterminer une régulation fonctionnelle de la glande malade. Elle peut être provoquée soit directement par la suppression élective d'un tissu et de ses fonctions ou par la destruction, en plus ou moins grande proportion, de ses éléments; soit aussi par une action indirecte en touchant une autre glande dont les fonctions sont liées à celles de la glande malade. Si le premier mécanisme est facile à saisir, le second est plus obscur.

Le sang et les organes hématopoïétiques sont particulièrement sensibles à l'action du rayonnement. On a démontré que l'irradiation des organes qui fabriquent le sang arrête ou ralentit l'hémopoïèse et provoque des modifications importantes dans le sang circulant; il est lui-même peu altéré. L'arrêt dans la production des éléments sanguins, la diapédèse des globules blancs, trompent sur le véritable mécanisme de leur diminution numérique. A une leucopénie immédiate et transitoire succède une leucocytose passagère avec polynucléose, puis une leucopénie progressive, et enfin un retour à la normale; les globules rouges sont relativement peu influencés.

De cet effet découle la remarquable action de la rœntgenthérapie dans les maladies du sang dues à un hyperfonctionnement ou à un dysfonctionnement des organes sanguiformateurs : rate, tissu lymphoïde, thymus, moelle osseuse. Ainsi, les leucémies, à l'exception de la forme aiguë, sont extraordinairement améliorées par un traitement méthodique guidé par l'examen périodique de la formule sanguine; l'érythrémie, parfois l'hémophilie, en tirent également bénéfice. Bien que les résultats ne soient souvent que temporaires, la rœntgenthérapie a cependant transformé le traitement de ces affections.

La sensibilité des organes hématopoïétiques ne s'étend pas à l'appareil circulatoire; heureusement, le cœur, les vaisseaux résistent à des doses bien supérieures à celles utilisées en thérapeutique. Cependant, les capillaires, plus fragiles, peuvent être sclérosés et obturés, même par des applications assez faibles; le traitement des angiomes tubéreux est basé sur ces réactions.

Quelques affections du système circulatoire ont été améliorées par des applications de rayons X, entre autres : *l'angine de poitrine, l'hypertension artérielle, la maladie de Raynaud.* Les résultats sont d'ailleurs inconstants et d'une interprétation délicate. Il est possible qu'ils soient l'aboutissant d'une action réflexe déclenchée sur le système neuro-végétatif.

La radiosensibilité des follicules ovariens permet de provoquer la disparition des manifestations de l'activité sexuelle. Sous l'influence d'irradiations portant sur les ovaires, les règles s'arrêtent, les bouffées de chaleur apparaissent, la ménopause s'établit. Elle est définitive, si la dose administrée est suffisamment élevée pour détruire tous les follicules : *c'est la castration ovarienne, sans opération*; elle peut n'être que temporaire si des follicules épargnés rétablissent les sécrétions internes. Par un emploi judicieux de doses appropriées, on peut aussi déterminer le ralentissement d'une activité ovarienne trop grande, cause des métrorragies, *tout en conservant à la femme* la possibilité d'une fécondation normale.

Il s'ensuit que la rœntgenthérapie a complètement changé la *thérapeutique du fibrome.* Sans altérer la santé de la femme, sans rien changer à ses occupations habituelles, le traitement amène, en quelques semaines, la disparition ou la diminution de la tumeur et provoque une ménopause qui, par ses manifestations, ne diffère en rien de la ménopause naturelle. Pour arriver à ce résultat, les irradiations portent à la fois sur l'utérus et sur les ovaires. Les cellules myomateuses qui constituent le fibrome, présentent une radiosensibilité plus grande que le tissu utérin normal; elles peuvent donc être touchées sans que les organes interposés soient altérés; de plus, la stérilisation ovarienne, conséquence du traitement, aide largement à la régression de la tumeur.

Les progrès de la technique ont réduit les *contre-indications à un faible pourcentage*; aussi, peut-on répéter, avec Béclère : « Le traitement du fibrome est passé du domaine de la chirurgie à celui de la rœntgenthérapie. »

Chez l'homme, cette méthode a donné quelques succès sur les hypertrophies congestives de la

prostate; mais, dans les cas d'adénomes vrais, la résection chirurgicale reste le traitement de choix. Les indurations des corps caverneux, source de douleur et de déformation de la verge, sont favorablement modifiées.

La radiosensibilité du système osseux varie avec son degré d'évolution : les os jeunes sont arrêtés dans leur développement, tandis que l'os adulte présente une grande résistance. Cependant, quelques dystrophies osseuses relèvent de la rœntgenthérapie. Parmi elles, les tumeurs à myéloplaxes occupent une place importante : le traitement provoque une stimulation du tissu osseux qui vient combler les géodes caractéristiques de cette lésion. Un résultat analogue est obtenu dans certains troubles du métabolisme calcique : la recalcification est provoquée ou accélérée. Mais, là encore, la question de dose intervient ; trop élevées, elles peuvent produire un effet inverse, par altération de la cellule osseuse.

Dans le traitement des lésions articulaires, des arthrites et périarthrites chroniques, des bursites, les rayons de RŒNTGEN fournissent un sérieux appoint; *la douleur cède rapidement, la gêne fonctionnelle diminue, puis disparaît,* pendant que se résorbent les néoformations récemment développées.

Quant au *système nerveux,* les biologistes et les histologistes ont montré qu'il ne présente, en général, qu'une très faible sensibilité : même après un rayonnement intense, les cellules nerveuses et névrogliques sont indemnes. Cependant, chaque jour, la pratique apporte des résultats parfois extraordinaires obtenus dans des affections douloureuses des nerfs périphériques : *sciatiques, névrites, causalgies, prurits, etc...* Dans ces cas, le nerf lui-même est rarement atteint; les troubles proviennent soit de compression par des productions de voisinage, soit, le plus souvent, de phénomènes inflammatoires qui irritent les enveloppes du nerf ou celles des branches du plexus. Les curieux effets d'une radiothérapie relativement douce, portant *sur les racines,* parfois *sur le trajet du nerf,* cadrent, assez bien, avec cette conception.

Depuis quelques années, on a observé des effets locaux et surtout des actions à distance, par l'irradiation du système neuro-végétatif; à cette méthode, on a donné le nom de RADIOTHÉRAPIE SYMPATHIQUE. Ces faits sont extrêmement curieux, bien qu'inexplicables. C'est ainsi qu'en irradiant les carrefours vasculaires correspondants, on voit disparaître les troubles trophiques de la maladie de Raynaud, quelques ulcères torpides, le mal perforant plantaire, les érythrodermies et la plupart des lésions cutanées attribuées à l'irritation du sympathique : *c'est une action analogue à celle de la sympathectomie.* De même, dans le lichen plan, une faible application entre les deux omoplates, centre sympathique axial supérieur, provoque rapidement, sur la moitié supérieure du corps, la cessation du prurit, puis l'aplatissement et la disparition des papules qui caractérisent l'affection.

Action sur le système nerveux périphérique, action sur le système neuro-végétatif, constituent un chapitre relativement nouveau à l'actif des rayons X : on peut lui donner le nom de RADIOTHÉRAPIE DE LA DOULEUR.

A côté, il faut placer l'action si curieuse sur *les maladies inflammatoires.* De faibles irradiations de tissus enflammés amènent rapidement la cessation des douleurs et la régression des phénomènes inflammatoires. Ainsi, deux ou trois applications, parfois une seule, suffisent à provoquer la guérison des furoncles, des anthrax, de certains phlegmons, des poussées congestives de la goutte et du rhumatisme goutteux. D'autres maladies inflammatoires, à caractère moins aigu : amygdalites, adénites subaiguës, abcès tubéreux de l'aisselle, reliquats utéro-annexiels, nécessitent, pour régresser, un traitement plus prolongé. Tout porte à croire que la liste des affections susceptibles d'être ainsi traitées n'est pas close...

On sait que *la plupart des bactéries résistent* aux doses de rayons X utilisées en thérapeutique. Cependant, plusieurs affections d'origine microbienne, sont favorablement influencées. De ce nombre sont : les tuberculoses cutanées et ganglionnaires, l'actinomycose, la lymphogranulomatose, type Nicolas et Favre. Enfin, récemment, on a publié des cas de *fièvre de Malte,* guéris à la suite de faibles irradiations étendues à toute la surface du corps. Il est probable que les rayons X, en modifiant le terrain, apportent une gêne au développement microbien; en même temps, s'atténuent les productions inflammatoires et tumorales, réactions tissulaires provoquées par le microbe; dans certaines infections, comme le lupus, il faut ensuite détruire, par cautérisation, les nids microbiens qu'a isolés la rœntgenthérapie.

Enfin, parmi les maladies qui doivent à cette thérapeutique une guérison encore trop souvent temporaire, il faut citer la *lymphogranulomatose maligne* ou *maladie de Hodgkin.* Les masses ganglionnaires, même celles développées dans des régions profondes, disparaissent par les applications de rayons X, en même temps que l'état général s'améliore et que le sujet reprend toutes les apparences d'une santé excellente. Après des périodes de régression plus ou moins longues, de nouvelles poussées peuvent survenir : la radiothérapie les jugule encore. On peut même voir des paralysies, provoquées par la compression de nerfs englobés dans des tumeurs, s'atténuer, régresser, et enfin disparaître, à mesure que fondent les productions pathologiques. *De très longues survies ont été obtenues chez des sujets traités dès le début de leur maladie* : la rœntgenthérapie a rendu *moins sombre* le pronostic de cette redoutable affection.

Voyons maintenant le rôle des rayons X dans la thérapeutique du cancer. Pour le comprendre, il faut considérer sa nature et le mécanisme de l'action de rayonnement sur la cellule.

On admet aujourd'hui que le cancer est une maladie cellulaire dont le caractère principal est la multiplication indéfinie des éléments qui constituent la tumeur. Provoqué dans la cellule par des agents divers, ce pouvoir de multiplication est transmis à sa descendance : elle n'obéit plus au mécanisme de régulation qui conditionne le développement des cellules normales. Elles évoluent désormais en se multipliant indépendamment de l'agent qui a déclenché cette véritable anarchie. Il s'ensuit que le but à poursuivre est de détruire *systématiquement* toutes les cellules qui constituent le cancer.

Or, chaque espèce cellulaire est susceptible de donner naissance à un tissu néoplasique qui conservera les caractères de l'espèce génératrice.

L'expérience a montré que les productions tumorales présentaient une radiosensibilité différente suivant leur nature. On pensait, d'après la loi de Bergonié et Tribondeau, que cette différence était fonction de l'activité reproductrice des cellules néo-formées. Une meilleure observation des faits a conduit à une autre interprétation : *la cancérisation d'un tissu accroît notablement sa radiosensibilité propre,* mais la gamme de sensibilité des diverses tumeurs est la même que celle des éléments qui leur ont donné naissance. *Cette notion commande toute la thérapeutique du cancer et permet d'établir une échelle de radiosensibilité des différents néoplasmes.*

En tenant compte de ces considérations, on peut classer ainsi, par ordre de sensibilité décroissante, les cancers les plus courants. En tête, *les sarcomes lymphoïdes et myéloïdes,* puis *les épithéliomas germinatifs, les épithéliomas pilo-sébacés, les épithéliomas pavimenteux de revêtement des muqueuses et de l'épiderme, un nombre important d'épithéliomas du sein,* les épithéliomas de revêtement à cellules cylindriques, les sarcomes de tissus de soutien, et enfin les épithéliomas glandulaires et mélanomes. Pour ces dernières variétés, la stérilisation est impossible, sans détruire en même temps tous les tissus environnants, *tant leur sensibilité est faible.*

En plus du type cellulaire, il faut envisager d'autres facteurs dans le traitement du cancer : *la situation du néoplasme, son volume, son activité proliférante,* l'âge et l'état général du sujet. *Cependant, il faut avouer qu'en cette matière comme en d'autres,* les résultats cliniques s'écartent parfois des prévisions théoriques.

Pour réaliser la destruction des cellules cancéreuses, la rœntgenthérapie pourrait être appliquée de deux façons : On peut *rechercher un effet caustique* ou *faire appel à l'effet sélectif.* Dans le premier cas, la dose appliquée est massive; les cellules cancéreuses et le tissu normal sont détruits et éliminés avec l'escarre. Ainsi conçue, la méthode ne présenterait aucun intérêt; elle serait inférieure au bistouri, à la cautérisation ignée ou diathermique.

C'est grâce à l'effet sélectif que la rœntgenthérapie acquiert *une incontestable supériorité sur toutes les autres méthodes.* Seuls, de tous les agents thérapeutiques, les rayons X ont ce pouvoir magnifique de pénétrer profondément dans les tissus sans les altérer gravement, pour *opérer, par sélectivité, la destruction d'éléments plus radiosensibles* : en l'espèce, les cellules cancéreuses. Elles seront tuées, puis résorbées, si les rayons X arrivent à elles en quantité suffisante.

L'action est limitée au seul territoire irradié; il n'est pas probable que puisse s'exercer à distance une destruction, par la mise en liberté d'anti-corps allant poursuivre dans l'organisme des éléments néoplasiques disséminés. *L'action est donc bien une action locale,* mais pour stériliser un cancer, il est nécessaire que toutes les cellules *soient soumises à un bombardement dense,* afin que chacune d'elles soit atteinte en ses points vitaux.

Les techniques actuelles assurent une répartition sensiblement uniforme du rayonnement dans la masse tumorale, mais l'absorption discontinue des rayons vient compliquer le problème.

On admet que le hasard conditionne le point d'absorption des *quanta* d'énergie, dans l'intérieur de la cellule. Il s'ensuit fatalement une inégale réaction des cellules d'une même espèce pour un rayonnement identique, selon que le grain d'énergie a *touché ou non* les points vitaux de la cellule. Ainsi peuvent se comprendre bien des insuccès.

Quoi qu'il en soit, la rœntgenthérapie, seule ou associée à d'autres méthodes, peut faire disparaître un grand nombre de cancers. Appliquée aux tumeurs lymphoïdes et myéloïdes, elle donne des succès constants; les épithéliomas cutanés et cutanéo-muqueux sont, de tous les cancers, ceux qui guérissent dans la proportion la plus élevée. Viennent ensuite les tumeurs du testicule, de l'utérus, du larynx, du sein, du rectum, pour lesquelles le pourcentage des guérisons augmente à mesure que se perfectionne la technique. Moins constants sont les résultats obtenus sur les cancers de l'œsophage, du poumon, de l'intestin et de l'estomac.

Les tumeurs des os, selon la nature des éléments qui les constituent, peuvent être très rapidement améliorées ou presque insensibles. Enfin, la radiosensibilité des métastases dépend, en général, de celle du cancer qui leur a donné naissance.

On voit, par ce bref exposé, quelle révolution la rœntgenthérapie a réalisée dans le traitement du cancer. On peut dire que ce procédé est le plus rationnel de tous ceux qui ont été préconisés : *c'est aussi le plus efficace.* On objectera que le pourcentage est faible par rapport au nombre de cas traités. Ce fait s'explique ainsi : le traitement d'un cancer doit être conduit avec une technique rigoureuse qui n'est pas toujours observée, soit par ignorance, soit par insuffisance du matériel utilisé; nombre de cancers sont soumis au traitement, alors que leur forme histologique aurait permis de prévoir une très faible chance de succès; enfin et surtout, le traitement est très souvent *institué trop tard,* alors que la tumeur a déjà envahi les voies lymphatiques, rendant impossible la stérilisation de tous les foyers. *On fait appel à la rœntgenthérapie après échec de tous les autres procédés; elle est réduite à un rôle palliatif, tandis qu'elle aurait pu guérir si elle avait été appliquée dès l'apparition de la tumeur.*

⁂

J'en ai fini avec l'énumération, forcément longue et un peu fastidieuse, des affections pour lesquelles la découverte de Rœntgen a procuré un nouveau moyen de guérison. Mais, bien que nous connaissions les rayons X depuis cinquante ans déjà, la méthode a encore devant elle un brillant avenir, car ses progrès ont été lents. Si l'on regarde en arrière, on s'aperçoit que la connaissance un peu précise des

effets biologiques ne remonte qu'à quelque trente ans, et que la création de matériels puissants et d'instruments de mesure ne date que de quelques années.

Actuellement, des physiciens orientent leurs recherches sur l'accélération des électrons de façon à obtenir des rayons X de plus en plus pénétrants; de 100 Kv., la tension aux bornes des ampoules est passée à 200, 300, 600 Kv. Au *Memorial Hospital de New-York*, comme au *St. Bartholomew's Hospital de Londres*, fonctionne un tube, sous un million de volts. Or espérait, de ces tensions plus élevées, des résultats meilleurs : il ne semble pas que ce but ait été atteint.

Par contre, on a le droit de penser que des tensions très supérieures à celles que nous utilisons seraient nécessaires pour déclencher des effets différents. Le *bétatron*, réalisé au Laboratoire de Physique de l'Université d'Illinois, est un appareil dérivé du cyclotron; il donne naissance à des rayons X *correspondant à vingt millions d'électrons-volts*; un modèle atteignant *cent millions de volts* serait en construction. Avec ces rayonnements de très courte longueur d'onde, la dose atteindra en profondeur une valeur supérieure à celle de surface. Ce résultat, en apparence paradoxal, est dû à l'effet Compton. Le trajet de l'électron de recul, qui ne dépasse pas quelques millièmes de millimètre avec les tensions couramment utilisées, dépasse, pour cent millions de volts, plusieurs centimètres : *l'effet Compton prend ainsi le pas sur la diffusion.* Il en résultera une augmentation considérable de l'action ionisante, à laquelle on attribue l'effet thérapeutique.

⁂

J'ai essayé de montrer dans cet exposé la valeur thérapeutique des rayons de Rœntgen. La radiobiologie éclaire le mécanisme de certains résultats, en apparence surprenants; pour d'autres, nous devons nous contenter de les observer, sans attacher trop d'importance aux diverses hypothèses émises pour les expliquer. *Action sélective sur certains éléments cellulaires, action modificatrice et réductrice sur toute une série de productions pathologiques, guérison de plusieurs sortes de cancer, tels sont les principaux résultats de cette merveilleuse méthode...* Mais la découverte de Rœntgen a conduit à connaître d'autres rayonnements corpusculaires dont les propriétés modifieront peut-être nos conceptions actuelles. Aussi, peut-on dire sans exagération que Rœntgen a doté la thérapeutique d'une arme puissante, dont les indications sont loin d'être épuisées.

Ainsi, se justifie à nouveau la prévision de notre grand d'Arsonval : « Je suis persuadé que la thérapeutique de l'avenir emploiera, comme moyens curatifs, les modifications physiques : chaleur, lumière, électricité et agents encore inconnus... »

C'était en 1881, les rayons X n'étaient pas découverts...

Mais aujourd'hui, après cinquante années de recherches, s'ouvre encore devant nous un champ immense qui permet tous les espoirs à la thérapeutique par les rayons de Rœntgen.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DES RAYONS X

Par Paul BASTIEN,
Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

Des voix particulièrement autorisées viennent de retracer la vie de Rœntgen, d'indiquer l'origine et les conséquences de la découverte des rayons X, et de souligner toutes les possibilités apportées par l'emploi de ces radiations électromagnétiques de très courtes longueurs d'onde dans les domaines du diagnostic médical et de la thérapeutique, permettant de sauver d'innombrables vies humaines.

J'apporterai ici la modeste contribution d'un ingénieur à l'hommage rendu aux travaux de Rœntgen, en indiquant, dans ce bref exposé, la situation actuelle des applications industrielles des rayons X, et en essayant de mettre en lumière les puissants moyens de contrôle et d'action que ces techniques nouvelles apportent dans la vérification et la mise au point des fabrications.

A. — *MISE EN ÉVIDENCE DES DÉFAUTS DANS LES PIÈCES*

L'application industrielle des rayons X la plus importante est incontestablement la détection des défauts dans les pièces et tout particulièrement dans les métaux.

Une des tendances les plus caractéristiques de l'industrie moderne est le contrôle de la qualité des pièces à l'aide d'essais physiques non destructifs. Lorsqu'ils débouchent en surface, on peut mettre en évidence des défauts fins, invisibles normalement à l'œil nu (fissures, tapures de trempe...), en immergeant la pièce dans un liquide, tel que le pétrole, en nettoyant ensuite la surface et en observant le ressuage du liquide par les solutions de continuité de la matière; récemment, la méthode a été perfec-

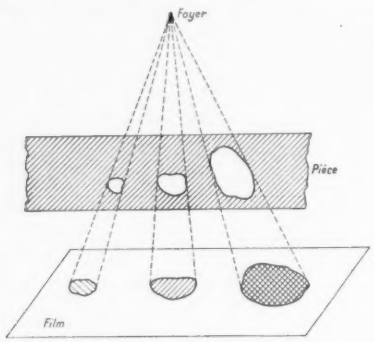


Fig. 1.

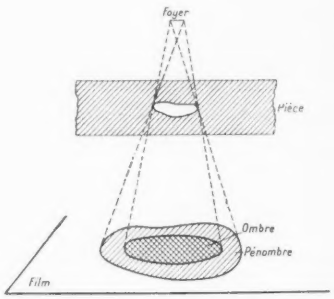


Fig. 2.

Fig. 1. — Principe de la radiométallographie par transparence.
Fig. 2. — Influence des dimensions du foyer sur la netteté des images radiographiques.

tionnée en plongeant la pièce dans un liquide fluorescent et en l'éclairant, après nettoyage, en lumière ultra-violette : les défauts apparaissent sous l'aspect de lignes nettement luminescentes.

De même, lorsque les défauts débouchent ou sont à faible distance de la surface, on peut, si la pièce est ferromagnétique, la saturer magnétiquement et la recouvrir en surface d'un liquide contenant en suspension des particules de fer colloïdal : un spectre magnétique se dessine, dont les anomalies dénotent des déformations locales des lignes de force du champ et décèlent par suite la présence de défauts.

Ces moyens d'investigation, dont les domaines d'utilisation sont limités, deviennent impuissants lorsque les défauts sont situés en profondeur dans la masse de la pièce. Si l'on excepte la méthode de détection consistant à mettre en évidence, à l'oscillographe cathodique, la réflexion des ultra-sons sur les défauts, méthode qui paraît avoir pris un grand développement en Angleterre pendant les hostilités, mais qui semble d'ailleurs réservée à la détection des défauts plans tels que les flocons, on peut dire que la seule technique d'emploi très général, dans ce domaine, est celle faisant appel aux rayons X.

La radiométallographie par transparence est le parallèle dans le domaine industriel de la radioscopie ou de la radiographie en médecine. Le rayonnement X, après traversée de la pièce, est reçu soit sur un écran fluorescent, soit un film photographique : les différences d'absorption dues à la présence de défauts sont marquées par des variations dans l'intensité des rayons transmis, variations mises en évidence par des différences d'éclairement sur l'écran ou par des noircissements inégaux du film (fig. 1).

Les défauts ainsi décelés peuvent être soit des cavités vides telles que porosités, soufflures, retassures, fissures et criques, soit des discontinuités remplies d'une autre substance, telles que ségrégations et inclusions : dans ce cas, les défauts ne sont visibles que si le pouvoir absorbant du métal est différent de celui de la matière incluse et s'ils sont suffisamment gros.

Au point de vue historique, il est curieux de remarquer que RŒNTGEN, dès la découverte des rayons X à son laboratoire en 1895, les appliqua à la mise en évidence de défauts dans une plaque d'aluminium; mais, alors que l'utilisation des rayons X en médecine fut presque immédiate, il faut attendre la réalisation du tube Coolidge à cathode incandescente pour voir, en 1915, les premières applications industrielles de la radiométallographie avec H. PILON, en France, et W. DAVEY, aux Etats-Unis. A partir de cette date, la radiométallographie s'est très rapidement développée, bénéficiant de tous les progrès réalisés dans l'appareillage et les méthodes d'application mis au point pour le diagnostic médical.

Dans ce qui suit, nous plaçant plus particulièrement dans le cas de l'enregistrement du document sur un film photographique, nous nous efforcerons de dégager quelques-uns des caractères propres à la radiométallographie.

La projection du défaut sur le film, se faisant à partir d'un foyer émetteur de rayons X, met en jeu les phénomènes d'ombre et de pénombre, il y a donc intérêt, comme en diagnostic médical, à diminuer l'étendue de la zone de pénombre et, par suite, pour augmenter la netteté de l'image, à travailler avec un foyer optique aussi petit que possible (fig. 2) : c'est, par exemple, ce qui est obtenu avec le foyer linéaire de Goetze qui permet de réaliser le foyer thermique nécessaire au fonctionnement d'un tube de grande puissance tout en ayant un foyer optique apparent fin. D'autre part, il est favorable que la distance séparant le foyer de la pièce soit suffisante, mais on est rapidement limité dans cette voie par l'accroissement corrélatif des temps de pose.

Par rapport au diagnostic médical, il est nécessaire en radiométallographie de traverser des épaisseurs de métal beaucoup plus absorbantes des rayons X que les tissus du corps humain ; mais, par contre, on peut utiliser des temps de pose prolongés, couramment de 15 minutes, inadmissibles dans le cas d'un être vivant, qui ne peut rester longtemps rigoureusement immobile et dont certains organes ont des mouvements continuels.

La nécessité de traverser des épaisseurs souvent considérables de métal impose l'emploi de rayons X de courtes longueurs d'onde, obtenus à l'aide de tubes Coolidge alimentés sous des tensions électriques élevées : les postes de 200 à 350 Kv. sont maintenant courants en métallurgie et le poste de 1.000 Kv. est devenu d'emploi industriel aux Etats-Unis pendant la dernière guerre (fig. 3).

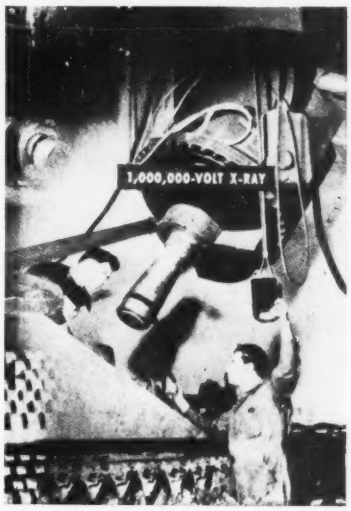


FIG. 3. — Poste industriel américain de rayons X de 1 million de volts.

Les pouvoirs de pénétration dans l'acier en fonction de la tension d'alimentation, ainsi que les épaisseurs protectrices de plomb nécessaires pour arrêter le rayonnement, sont les suivants :

Tension minimum en Kv.	Pouvoir de pénétration dans l'acier (en mm.)	Epaisseurs de plomb nécessaires pour arrêter le rayonnement (en mm.)
100	20	1,5
200	90-100	4
400	120-130	15

L'utilisation de temps de pose prolongés, notamment pour la radiographie de métaux ou d'alliages relativement denses comme les aciers, impose l'observation de précautions nécessaires à l'obtention de bons documents, précautions qui, en diagnostic médical, peuvent souvent être négligées, les conditions de travail étant différentes.

Toute substance, traversée par un faisceau de rayons X, émet un rayonnement secondaire formé d'une part de rayons simplement diffusés de même l'ongueur d'onde λ que le faisceau incident (1) et, d'autre part, de rayons de fluorescence de la matière irradiée de longueurs d'onde λ_{K_α}, λ_{K_β} ... supérieures à λ. Les films photographiques seront particulièrement sensibles aux rayonnements secondaires de grande longueur d'onde qui risquent de provoquer un voile d'ensemble du cliché. Le principe général de travail en radiométallographie est de limiter le faisceau incident aux dimensions stricte-

(1) Une partie, généralement faible des rayons incidents, diffuse avec accroissement de longueur d'onde (effet Compton).

ment nécessaires pour obtenir l'image de l'objet, et le moyen consiste à utiliser des caches en plomb adaptés à la forme de la pièce à radiographier (fig. 4); de plus, une feuille de cuivre placée sous le châssis porte-film arrête les rayonnements secondaires de grande longueur d'onde émis par la paroi postérieure de la cassette supportant la pièce à radiographier. Ces précautions éliminent la majeure partie des rayonnements secondaires émis par les objets environnant la pièce; il reste à combattre ceux émis par la pièce elle-même, tout particulièrement dans le cas d'une grande épaisseur de métal traversée. Ceci est obtenu par l'emploi de grilles antidiffusantes constituées par des lames planes en forme de volets, en plomb, convergeant vers le foyer du tube de rayons X : il est évident que seuls les rayons émanant directement de ce foyer peuvent atteindre le film et le voile général est supprimé (fig. 5). Si l'on veut éviter d'avoir, sur le cliché, l'image des lames de la grille, celle-ci doit être animée, pendant la durée de la pose, d'un mouvement alternatif normal à l'axe du faisceau incident.

Le contraste des clichés diminuant lorsque la tension appliquée au tube augmente, la règle en radiométallographie est de travailler avec le voltage minimum compatible avec une pénétration satisfaisante de la pièce et n'exigeant pas, par ailleurs, un temps de pose exagéré : dans les laboratoires industriels, les ateliers ou les chantiers, il est indiqué d'éviter de dépasser, pour les travaux courants, des temps de pose excédant 15 minutes. Des abaques de temps de pose pour le fer et les aciers, et des tables de correspondance pour les autres métaux sont constamment utilisés.

Les rayons X impressionnent d'autant moins les émulsions sensibles que leurs longueurs d'onde sont plus courtes : or, en radiométallographie, l'emploi de rayonnements durs est normal et on est automatiquement conduit, pour éviter de trop longs temps de pose, à recourir à des écrans renforçateurs placés de part et d'autre du film à double couche sensible. Ce sont généralement des écrans

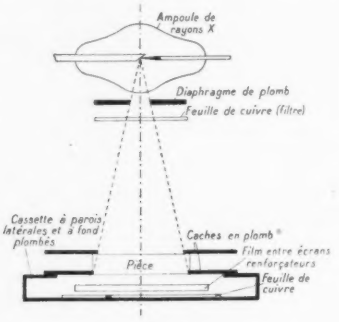


Fig. 4.

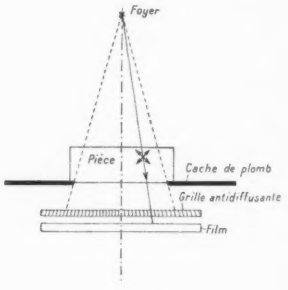


Fig. 5.

Fig. 4. — Schéma d'un montage de radiométallographie par transparence.
Fig. 5. — Utilisation des grilles anti-diffusantes.

au tungstate de calcium qui, sous l'action des rayons X incidents, émettent un rayonnement de fluorescence de plus grande longueur d'onde, impressionnant fortement les films, et les temps de pose deviennent 20 à 30 fois plus courts que les temps correspondants sans écran. La définition des radiographies faites sans écran renforçateur est toutefois nettement supérieure à celle des documents obtenus avec écran, car, dans le premier cas, il n'y a pas de diffusion de la lumière de fluorescence dans l'écran et pas d'influence des dimensions des cristaux de la substance fluorescente. On tend également à utiliser, pour les tensions dépassant 125 Kv., des écrans, dus à Seemann, constitués par deux feuilles de plomb, très régulières, de 1 à 2/10 de mm. : l'effet renforçateur est principalement dû aux photoélectrons émis par le plomb avec une vitesse suffisante pour pénétrer dans l'émulsion (1); les rayonnements secondaires de grande longueur d'onde émanant de la pièce à radiographier étant arrêtés par les lames de plomb sans émission de photoélectrons rapides, le voile général des clichés est également limité, ce qui constitue un second avantage de ce nouveau type d'écrans. L'emploi des écrans à feuilles de plomb assure une définition des images aussi bonne que celle réalisable par radiographie sans écran.

Alors qu'une des principales difficultés en diagnostic médical est la mise en évidence d'organes transparents aux rayons X, le radiométallographe se heurte principalement au problème de l'étude des pièces d'épaisseurs très variables. Un temps de pose moyen convenant aux diverses épaisseurs peut être difficile ou impossible à trouver; en dehors de la solution peu élégante consistant à faire, avec des temps de pose différents, autant de clichés qu'il y a d'épaisseurs caractéristiques dans la pièce, on peut recourir aux méthodes suivantes :

a) Méthode de la compensation des épaisseurs. — Elle convient pour des pièces de forme géométrique et consiste à placer sur les organes à radiographier des pièces complémentaires compen-

(1) Ce qui explique pourquoi les écrans à feuille de plomb n'ont d'effet renforçateur qu'à partir d'une dureté minimum du faisceau de rayons X incident, correspondant à un tube alimenté sous 125 Kv.

satrices soit de même métal, soit de métal plus dense, de façon à être ramené au cas d'une pièce d'épaisseur constante ; l'emploi de grenaille de plomb ou de tungstène peut également rendre des services.

b) MÉTHODE DES BAINS D'ÉQUIOPACITÉ. — Elle concerne les pièces de dimensions moyennes et de formes compliquées. L'objet à radiographier est immergé dans un bain ayant sensiblement même pouvoir absorbant vis-à-vis des rayons X que le métal étudié; on revient ainsi évidemment à la radiographie d'une pièce d'épaisseur constante, cette épaisseur étant la hauteur du bain.

Pour le fer, les fontes et les aciers, on peut utiliser, comme bain d'équiopacité, une solution d'iodure de baryum à 100 gr. par 100 cc. de solution, et, pour l'aluminium et les alliages légers, une solution de chlorure de baryum à 35 gr. par 100 cc.

c) MÉTHODE PAR FILTRATION DU RAYONNEMENT X UTILISÉ. — D'une manière générale, les radiométallographies sont exécutées avec un rayonnement X à fond continu pénétrant, fourni par un tube à anticathode de tungstène alimenté avec une tension élevée. Dans le spectre continu émis, existent des rayons de grandes longueurs d'onde facilement absorbables; cette partie du rayonnement peut donc traverser les parties minces des pièces et, par suite, impressionner le film, alors qu'elle est totalement absorbée par les parties épaisses. Les régions du film irradiées directement par les rayons de grandes longueurs d'onde subissent un noircissement intense, masquant par diffusion et voile, les régions utiles de l'émulsion sensible. Le remède consiste à éliminer les rayons de grande longueur d'onde par filtration à l'aide d'une ou plusieurs lames de cuivre ou de fer interposées à la sortie du tube Coolidge, de façon à ne laisser passer que les rayons pénétrants (méthode de la filtration antérieure).

Le filtre peut également être placé entre la pièce et le film (méthode de la filtration postérieure), ce qui offre le double avantage d'éliminer les rayons mous du rayonnement incident et le rayonnement de fluorescence de grande longueur émis par la pièce elle-même.

Dans la filtration postérieure, on tend à utiliser actuellement des filtres composés, formés d'une feuille de plomb doublée d'une mince couche d'étain destinée à absorber la majeure partie du rayonnement de fluorescence du plomb (BERTHOLD, SEEMANN) : le filtre étant entre pièce et cassette, l'effet est maximum si le côté étain du filtre est placé contre la cassette, vers le film. Le filtre de Berthold peut également être utilisé en filtration antérieure en le plaçant au voisinage de la source de rayons X, ce qui est intéressant notamment pour les pièces à forte variation d'épaisseur.

Filtrations antérieure et postérieure peuvent avantageusement être combinées ; ces techniques évoluées rendent d'importants services pour le contrôle des assemblages tubulaires soudés en construction aéronautique.

Dans ce qui précède, nous avons traité le cas, d'ailleurs le plus important, de la radiographie sur film sensible; mais l'étude des défauts peut également être faite soit en radioscopie sur un écran fluorescent, soit par détermination de l'intensité des faisceaux émergents de rayons X par la mesure de l'intensité d'un courant d'ionisation. La radioscopie a pris de l'ampleur au cours des dernières années, notamment pour le contrôle systématique des pièces de sécurité en construction aéronautique : les opérations s'effectuent dans des appareils blindés mettant le personnel à l'abri des rayons X; dans certains d'entre eux, les pièces peuvent être déplacées et orientées à l'aide de commandes manœuvrées de l'extérieur.

La radioscopie est utilisée très fréquemment pour les contrôles courants faits sur moulages en alliages légers pour des épaisseurs de paroi allant jusqu'à 20 mm. environ : des cavités dont les dimensions moyennes dépassent 5 % de l'épaisseur du métal peuvent être facilement décelées ainsi. BERTHOLD signale qu'il est possible de contrôler journellement jusqu'à 2.000 pièces en relayant l'observateur qui effectue les contrôles toutes les deux heures.

Dans certains cas, on utilise la radiophotographie, c'est-à-dire que l'image formée sur l'écran fluorescent est fixée par photographie, généralement sur film de petit format. Toutefois, ce procédé a une valeur d'information limitée, nettement inférieure à celle de la radiographie. En effet, l'écran fluorescent, par les dimensions des cristaux de sulfure de zinc et de sulfure de cadmium dont il est formé, ainsi que par la diffusion dans l'épaisseur active de la lumière de fluorescence, joue un rôle important dans la perte de définition de l'image. La radiophotographie a cependant un certain avenir devant elle dans le domaine des pièces en alliage léger peu épaisses et pour des plages à étudier de petites dimensions.

L'intensité d'un courant d'ionisation de saturation (1) peut servir à mesurer l'intensité du rayonnement X émergent; les indications de la chambre pouvant être faussées par les variations de la tension appliquée au tube émetteur, on a amélioré la méthode en utilisant des montages différentiels mettant en jeu deux chambres d'ionisation identiques traversées par deux faisceaux de rayons X très rapprochés, issus du même tube émetteur; le moindre écart entre les courants d'ionisation des deux chambres peut alors être attribué à une différence d'absorption des faisceaux incidents due à la présence d'un défaut, si les épaisseurs de pièce traversées sont rigoureusement égales.

La mesure de l'intensité d'un courant d'ionisation peut d'ailleurs être remplacée par l'observation des décharges à l'intérieur de compteurs à filament de Geiger et Müller, compteurs dont la sen-

(1) Obtenu pour une différence de potentiel entre les armatures de la chambre d'ionisation suffisante pour que la totalité des ions formés sous l'action du faisceau de rayons X émergent atteigne ces armatures.

sibilité est extrême et dont les indications, moyennant certaines précautions, peuvent être rendues proportionnelles à l'intensité du rayonnement qui les traverse.

Ces méthodes de mise au point récente permettent la vérification des pièces creuses de révolution, à parois épaisses usinées, que l'on anime, pour l'opération de contrôle, d'un mouvement hélicoïdal de pas suffisamment serré pour que tout métal à contrôler passe dans le faisceau de rayons X incident. Elles peuvent également servir à vérifier la constance de l'épaisseur d'une pièce.

Malgré leur intérêt, ces procédés apparaissent d'un domaine d'application limité; ils peuvent surtout servir à déceler certaines régions suspectes d'une pièce dont l'étude plus approfondie est ensuite à faire par radiographie.

Appareillages spéciaux. — Sans entrer dans le détail des questions d'appareillage qui a été examiné par ailleurs par M. Pilon, nous indiquerons que l'on utilise actuellement en radiométallographie des installations portatives entièrement protégées, transportables sur les chantiers, dépassant 250 Kv. et des installations fixes allant jusqu'à 1.000 Kv.

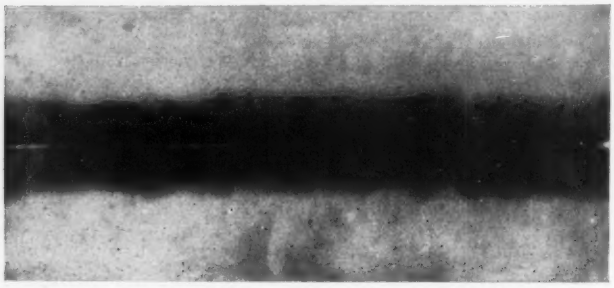


Fig. 6. — Radiographie d'une soudure présentant un grave défaut par manque de pénétration (le plan de joint des deux tôles à raccorder subsiste).

Un grand progrès technique a été réalisé par la construction de « tubes-crayons » à anticathode extérieure et faisceau cathodique concentré par bobine magnétique, tubes pouvant être introduits à l'intérieur des pièces et permettant l'exploration de parties de formes compliquées.

De même, par l'emploi de tubes à foyers très fins utilisés avec une courte distance foyer-pièce, il est possible d'obtenir directement, sans diminution de la netteté, des images considérablement agrandies des défauts.

Méthodes spéciales de travail en radiométallographie. — Dans ce domaine, les ingénieurs ont fait certains emprunts aux techniques mises au point par les radiologues en diagnostic médical. Ces méthodes spéciales de travail se proposent une localisation plus précise des défauts; ce sont : la tomographie et la stéréoradiographie.

La tomographie consiste à donner au foyer et au film des mouvements en sens inverse, l'objet restant immobile; dans ces conditions, les défauts situés dans un plan P parallèle au film, tel que les ombres de ces défauts restent en coïncidence avec elles-mêmes, donnent une image nette; les anomalies non situées dans le plan P donnent des ombres se déplaçant constamment sur le film au cours de son mouvement et par suite ne sont pas reproduits.

La stéréoradiographie consiste à prendre, avec des positions différentes du foyer émetteur, deux clichés de la pièce sur le même film ou sur deux films successifs identiquement placés. Si la distance des positions successives du foyer est de l'ordre de l'écartement des yeux, on peut, en examinant les clichés au stéréoscope, avoir l'impression de relief ; sinon une construction géométrique simple permet une localisation précise des défauts.

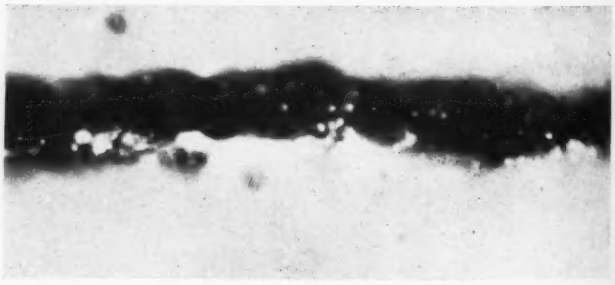


Fig. 7. — Radiographie d'une soudure défectueuse (soufflures et inclusions).

Applications industrielles de la radiométallographie et résultats obtenus. — La radiométallographie rend d'importants services en métallurgie, principalement dans deux domaines, concernant l'un la vérification de l'exécution des soudures et l'autre le contrôle de la compacité des moulages.

Soudures. — La construction métallique soudée a dès maintenant un développement industriel considérable et elle a devant elle le plus large avenir. La qualité d'une soudure est difficile à apprécier à l'aide d'essais non destructifs et de nombreux défauts sont susceptibles d'exister dans un assemblage de ce genre incorrectement exécuté : soufflures et porosités, inclusions de scories provenant des enrobages des électrodes, collage, manque de fusion et de pénétration, criques résultant de tensions internes (fig. 6 et 7).

Les méthodes radiographiques, d'une utilisation rapide et précise, se sont largement développées et permettent le contrôle de la qualité des assemblages soudés, même sur les chantiers de montage, à l'aide de postes transportables.

En construction de ponts et d'édifices métalliques, le contrôle par rayons X a une valeur éducative pour les ouvriers soudeurs et ceci s'est traduit, en Allemagne, par une variation des réparations locales nécessaires descendant de 32 à 1,5 %, sur une période d'un an et demi qui s'étend sur 1936 et une partie de 1937.

Il est particulièrement difficile de décider du degré de nocivité des défauts décelés radiographiquement. Les essais ne sont actuellement suffisamment nombreux que dans le domaine des soudures : les porosités, les inclusions fines et régulièrement réparties paraissent peu dangereuses, alors que les alignements de défauts et les manques de pénétration influent de façon marquée sur la résistance mécanique, notamment aux efforts variables.

On tend actuellement à dépasser le stade de l'appréciation qualitative et à adopter des règles plus strictes laissant moins de part à l'arbitraire de l'opérateur ou du contrôleur : l'American Society of Mechanical Engineers notamment a publié, dans cet ordre d'idées, un cahier des charges pour la réception des joints soudés.

Le contrôle radiographique des soudures est couramment utilisé. C'est ainsi que les conduites forcées, en tôles envirolées et soudées de 16 à 70 mm. d'épaisseur, du barrage du Boulder-Dam, sur le Colorado, ont été totalement vérifiées par rayons X, ce qui a nécessité une longueur de films de 120 km. De même, en France et à une échelle plus modeste, les assemblages soudés du nouveau pont de Saint-Cloud ont été contrôlés sur place par radiographie. La radiographie n'offre d'ailleurs pas une certitude totale pour la mise en évidence des fissures fines, et il est souvent bon, pour certaines soudures de sécurité, de doubler les contrôles par rayons X d'essais magnétoscopiques.

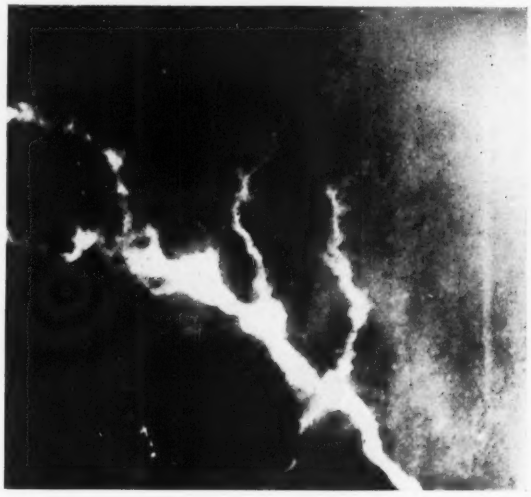


Fig. 8. — Arborescences dans une pièce d'acier moulé.

Moulages. — Parmi les défauts de fonderie que l'on peut rencontrer dans les pièces moulées, il convient de citer les soufflures et les porosités, les retassures et les microretassures, les entraînements de flux ou de laitier, les criques de retrait et les tapures (fig. 8 et 9). Ces divers défauts peuvent être décelés par les rayons X qui sont particulièrement précieux pour le contrôle non destructif de pièces dans lesquelles des défauts ne sont pas acceptables, telles que les moulages destinés à l'aviation ou à certains blindages de chars, et pour le réglage de la fabrication de pièces nouvelles. Ces méthodes sont principalement utilisées dans les deux techniques les plus délicates : la fonderie d'acier et celle des alliages légers et ultra-légers.

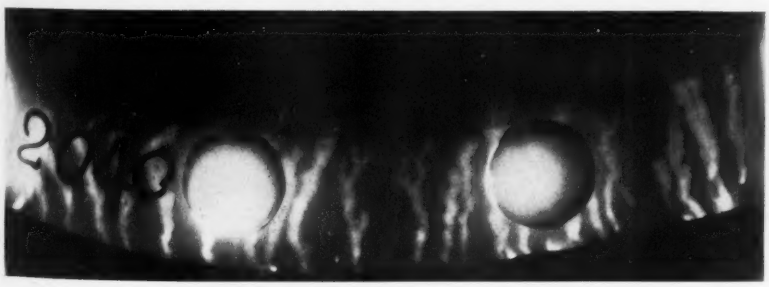


Fig. 9. — Porosités arborescentes dans un moulage d'acier, dues à une coulée dans un moule insuffisamment sec.

Le contrôle des pièces d'acier se fait toujours par radiographie ; celui des pièces en alliages légers et ultra-légers est souvent fait, de façon systématique, par radioscopie sur écran fluorescent pour les moulages de petites et moyennes dimensions.

Sur les radiographies de moulages en alliage d'aluminium, on constate souvent un aspect tacheté : il a été démontré récemment, en Angleterre, que cet aspect n'est pas nécessairement causé par la porosité du métal, mais qu'il peut être le fait d'une distribution irrégulière des taches de Laue produites par les phénomènes de diffraction dans les cristaux individuels du métal.

Résultats obtenus au point de vue sensibilité. — Il est logique de se demander quelle est la limite inférieure des défauts décelables dans les pièces métalliques par les méthodes radiographiques. Il convient de remarquer qu'un même défaut peut être ou ne pas être visible suivant son orientation par rapport au faisceau de rayons X : cette remarque est particulièrement importante dans le cas de fissures très minces, telles que les tapures de trempe notamment, qui ne peuvent être décelées avec

une certaine sécurité qu'en exécutant plusieurs photographies prises avec des orientations variées de la pièce.

Il est difficile de choisir une valeur pour définir la sensibilité absolue de la méthode radiographique, car elle dépend du contraste du cliché qui lui-même, pour une émulsion photographique donnée, est fonction :

— du coefficient d'absorption de la matière : le contraste est meilleur pour les métaux lourds que pour les métaux légers ;

— de l'épaisseur de la pièce et du voltage appliqué au tube de rayons X : le contraste diminue lorsque l'épaisseur de la pièce étudiée et le voltage utilisé augmentent.

Ce qui est surtout utile à connaître, c'est la sensibilité relative possible, c'est-à-dire la valeur du rapport du plus petit défaut observable à l'épaisseur totale de la pièce. SCHMIDT admet, dans les meilleures conditions de travail, les valeurs suivantes :

0,5 à 1 % entre 0 et 50 mm. d'acier;
1 à 2 % entre 50 et 100 mm. d'acier;
2 à 3 % pour des épaisseurs supérieures à 100 mm.,

dans le cas de défauts vides de matière.

Cette sensibilité est évaluée pratiquement à l'aide de pénétramètres (plaques à gradins, fils d'épaisseurs échelonnées...) posés sur la pièce.

La netteté de l'image intervient d'ailleurs, elle est fonction notamment de la distance du défaut par rapport au film et par conséquent de sa position dans la pièce. Pour un volume où coexistent des défauts très différents, il est souvent utile d'exécuter deux clichés, avec des temps de pose s'écartant nettement l'un de l'autre.

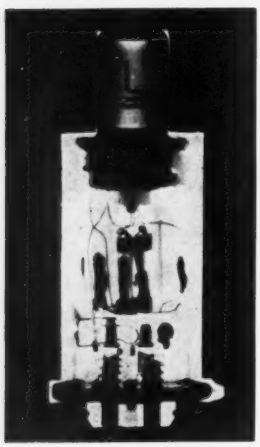


FIG. 10. — Radiographie d'une fusée électrique de bombe d'avion.

B. — *REPÉRAGE DE LA POSITION DES ORGANES D'UN APPAREIL A L'INTÉRIEUR D'UNE ENVELOPPE OPAQUE*

Une autre application industrielle dérivant directement de la précédente est le repérage à l'aide des rayons X de la position des organes d'un appareil à l'intérieur d'une enveloppe.

On peut se proposer simplement de vérifier par radioscopie ou radiographie la position, et en particulier le centrage, des organes internes d'un appareil : c'est ce qui est fait notamment au cours de la construction de certaines lampes électroniques délicates comportant plusieurs électrodes concentriques.

On peut également se poser le problème plus compliqué de déterminer la position des différents organes internes d'un appareil étanche. C'est ce que nous avons eu l'occasion de réaliser, dans les premiers mois des hostilités, sur une fusée allemande d'aviation de type inconnu (1) (fig. 10). Dans ce cas, la méthode consiste à exécuter plusieurs radiographies de la pièce, avec des orientations variées et repérées de celle-ci et des positions foyer-pièce-film bien définies ; l'absorption du faisceau de rayons X pouvant être très variable suivant les organes traversés, il est bon de travailler avec un rayonnement assez dur, fortement filtré par traversée de lames de cuivre en vue d'éliminer les rayons de grande longueur d'onde. A partir des documents photographiques obtenus, il est possible, à l'aide d'épures simples, de déterminer la forme et la position des divers organes internes et de les identifier : dans le cas de la fusée précitée, le travail radiographique préalable a permis d'exécuter ensuite son démontage complet et son remontage sans rupture des fils de connexion.

De même, les rayons X permettent de contrôler le serrage ou l'ajustage d'une pièce mécanique sur une autre.

C. — *MICROGRAPHIE PAR RAYONS X*

a) MICROGRAPHIE PAR TRANSPARENCE. — La méthode consiste à radiographier un objet hétérogène de très petites dimensions et à effectuer ensuite un agrandissement de l'image obtenue. L'idée initiale de ce procédé est due à R. GOBY.

L'objet est réduit à quelques centièmes de millimètre d'épaisseur d'abord à la lime et ensuite par attaque à l'acide; il est mis en contact direct avec une émulsion Lippmann à grain très fin, émulsion permettant des agrandissements de l'ordre de 600. Cette méthode peut rendre des services dans le

(1) Etude faite au Laboratoire de Rayons X de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, rattaché à cette époque au Laboratoire central des Fabrications d'Armement.

cas de structures formées de constituants à pouvoirs absorbants très différents, tel que le plomb dans le cuivre (cas des bronzes au plomb pour frottement) ou le composé Al^2Cu dans l'aluminium (cas des alliages légers au cuivre) (1).

b) MICROGRAPHIE PAR RÉFLEXION. — Le film à grain fin est étroitement appliqué sur la surface à étudier et il est traversé directement par le faisceau incident de rayons X. La formation de l'image peut se faire de deux façons différentes :

α) *A l'aide de rayons X incidents de très courte longueur d'onde* (2); dans ce cas, les détails de structure sont reproduits sur le film par les photoélectrons, émis en nombre et avec une énergie variables par les différents éléments de la surface à étudier ;

β) *Par les rayons X de grande longueur d'onde* (3); dans ce cas, les détails de structure sont reproduits sur le film par le rayonnement de fluorescence diffusé par la substance à étudier. Le contraste maximum est évidemment obtenu en utilisant un rayonnement dont la longueur d'onde est intercalée entre les discontinuités d'absorption des éléments à déceler.

Ces méthodes de micrographie par les rayons X peuvent avoir quelques applications industrielles dans un petit nombre de cas, mais elles ne sont certainement pas appelées à remplacer les méthodes bien assises de la micrographie classique.

D. — *DIFFRACTION DES RAYONS X PAR LES SUBSTANCES CRISTALLISÉES*

Je serai sur ce point extrêmement bref, ne voulant pas empiéter sur l'exposé qui va nous être fait par M. MAURICE DE BROGLIE. Je voudrais toutefois signaler que certaines des méthodes d'analyse cristalline par diffraction des rayons X, mises au point dans les laboratoires pour des buts de recherche, commencent à avoir des applications industrielles pour les contrôles de fabrication, notamment à l'étranger.

C'est ainsi que la taille en série des lames de quartz, utilisées aux Etats-Unis en T. S. F., serait faite après orientation préalable précise des cristaux à l'aide de la diffraction des rayons X.

De même, les diagrammes de diffraction permettent l'appréciation de la grosseur des cristaux, notamment dans le domaine submicroscopique qui échappe à l'observation directe du microscope ; ils donnent la possibilité de suivre la formation des structures fibreuses résultant des opérations de déformation plastique à chaud ou à froid par forgeage, filage, laminage....; enfin, la valeur des tensions mécaniques pouvant exister à la surface des pièces, dont la connaissance est du plus haut intérêt pour l'ingénieur, peut être déterminée localement et sans destruction de la pièce par rayons X : c'est dans ce but que des appareils, permettant la prise de diagrammes de Debye-Scherrer en retour, avec rotation continue du film photographique, ont été construits en Allemagne dès 1934, notamment pour la détermination des tensions mécaniques de surface dans les assemblages soudés (4) (5) (6).

Ces dernières applications sont toutefois plutôt du domaine de l'avenir dans l'industrie et, actuellement, on peut dire que l'application pratique fondamentale des rayons X est l'étude des défauts dans les pièces. Le contrôle par radiographie et radioscopie des pièces de sécurité de nos constructions et de nos machines a sauvé et sauvera bien des vies humaines, et, dans cet ordre d'idées, la radiométallographie par transparence, rejoignant le diagnostic médical et la thérapeutique par les rayons X, complète la liste des applications bienfaisantes à l'actif de la découverte de RŒNTGEN.

BIBLIOGRAPHIE

EXPOSÉS GÉNÉRAUX

Symposium on radiography and X-ray diffraction. *A. S. T. M.* (Philadelphie, 1936).

Journées de la Radiologie appliquée à l'art de l'Ingénieur (Faculté polytechnique de Mons, 1938).

BARBOTIN (P.) : *Conférence au Centre de Documentation de la Maison de la Chimie* (nov. 1941), et *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France* (oct.-nov. 1943).

BASTIEN (P.) : Centre d'Etudes supérieures de Métallurgie. *1er Cycle de Conférences* (1942-1943).

PILON (H.) : *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France* (oct.-nov. 1943).

VIALLE (J.) : Centre d'Etudes supérieures de Métallurgie. *3e Cycle de Conférence* (1944-1945).

TUBES MONOPOLAIRES A ANODE EXTÉRIEURE

PILON (H.) : *Bulletin de la Société française des Electriciens* (juin 1940).

ÉCRANS RENFORÇATEURS ET, EN PARTICULIER, ÉCRANS MÉTALLIQUES

BERTHOLD (R.) et ZACHAROV (M.) : *Z. Metallkunde*, XXVIII, 40 (1936).

SEEMANN (H.) : *J. of Applied Physics* (déc. 1937).

(1) Voir FOURNIER (F.) : *Rev. Métallurgie*, XXXV, 349 (1938).
(2) TRILLAT (J.) : *C. R. Acad. Sciences*, CCXIII, 833 (1941), et CCXIV, 164 (1942).
(3) GUINIER (A.) et DEVAUX (J.) : *C. R. Acad. Sciences*, CCXIV, 223 (1942).
(4) MÖLLER (H.) et BARBERS (J.) : *Mitt. Kaiser. Wilh.-Inst. Eisenforschung Düsseldorf*, XVI, 21 (1934).
(5) GLOCKER (R.) : *Jahrb. 1936 der Lilienthal. Gesellschaft für Luftfahrt-forschung*, pp. 324 et 325.
(6) WEVER (F.) et ROSE (A.) : *Mitt. Kaiser. Wilh.-Inst. Eisenforschung Düsseldorf*, XVII, 33 (1935).

RADIOSCOPIE ET RADIOGRAPHIE

BERTHOLD (R.), NIEHL (N.) et VAUPEL (O.) : *Z. Metallkunde*, XXVII, h. 3 (1936).
SCHLAEGER (F.) : *Z. techn. Phys.*, n° 7, juillet 1941.
FRANCKE (H.) : *Z. angewes. photo III*, 85-88 (1941).

UTILISATION DES CHAMBRES D'IONISATION ET DES COMPTEURS DE GEIGER-MÜLLER

GRAAF (J.) et VANDERTUCK (J.) : *Revue Philipps III*, août 1938.
TROST (A.) : *Z. für Physik*, CV, 399 (1937), et CXVII, 157 (1941).

CONTRÔLE DES MOULAGES PAR RAYONS X

VIDEMANN (M.) : *Giesserei*, XIX, 332 (1932).
DUPUY (G.) : *XVIIe Congrès de Fonderie*, Paris (1939).
SCHMIDT (R.) : *La Technique moderne*, XXXV, 79 (1943).

CONTRÔLE DES SOUDURES ET POSSIBILITÉS DES RAYONS X DANS CE DOMAINE

SCHMIDT (R.) : *La Technique moderne*, XXVI, 429 (1934).
WALLMANN (K.) : *Archiv Eisenhüttenwesen*, VIII, 243 (1934-1935).
BERTHOLD (R.) : *V. D. I.*, LXXIX, 1128 (1935).
Stahlbau, IX, 25 (1936).
Stahl und eisen, LVIII, 49 (1938).
HEMPEL (M.) : *Stahl und Eisen*, LVIII, 756 (1938).
MÜLLER (E.) : *Archiv für das Eisenhüttenwesen*, XII, 25 (1938-1939).
HOMES (G.) et PORTEVIN (A.) : *Rev. Métallurgie*, XL, 97 (1943).

LES RAYONS X ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Par MAURICE DE BROGLIE.

Quand on relit les ouvrages parus un peu avant la découverte de RŒNTGEN au sujet des décharges électriques dans les gaz, et surtout dans les gaz raréfiés, on ne peut manquer d'être étonné par la confusion et le désordre des conceptions qui tentaient de les expliquer. C'est qu'en effet les phénomènes qui s'y déroulent sont d'une rare complexité. On y rencontre précisément presque tout ce que la science d'alors ignorait : ces électrons qui forment le faisceau cathodique, ces particules positives qui contenaient en germe la physique des isotopes et la spectrographie des masses, les rayons X de tous ordres et jusqu'à certains phénomènes nucléaires, certes encore très faibles, mais que le choc des particules accélérées contre les cibles atomiques commencent à déclancher, même pour des tensions inférieures à 100.000 volts. Tout cela, régi par les quanta et s'accompagnant de phénomènes lumineux, à l'énorme complication desquels les théories de l'atome n'avaient encore apporte aucun éclaircissement.

Un des premiers mérites des rayons X a été d'offrir un moyen commode et facile à manier pour provoquer, au sein d'un gaz, une conductibilité électrique artificielle. Grâce à cela, une notion qui devait par la suite se montrer exceptionnellement féconde venait de se préciser. C'était l'attribution de la conductibilité ainsi produite, à la présence de corpuscules électriquement chargés des deux signes, tous porteurs de la même charge élémentaire et capables de se mouvoir sous l'influence d'un champ électrostatique avec une vitesse déterminée proportionnelle au champ appliqué.

L'étude des courants d'ionisation fit de rapides progrès; leur maniement devint familier aux physiciens et leur fournit le meilleur outil pour les recherches dont la nouvelle science de la radioactivité allait avoir besoin. Tous les rayonnements que l'on devait y rencontrer se décèlent et se mesurent, en effet, par des phénomènes de conductibilité gazeuse. Parmi eux, le rayonnement gamma fut très vite reconnu comme étroitement apparenté aux rayons X, dont il prolonge fort loin le domaine, du côté des très courtes longueurs d'onde. C'est, du reste, sous l'impulsion des idées et des expériences suggérées par la découverte de RŒNTGEN, qu'HENRY BECQUEREL fut conduit à découvrir la radioactivité de l'uranium et à ouvrir ainsi une des plus curieuses voies que la science moderne ait eu à explorer. En outre, par les sondages de plus en plus profonds qu'ils permettent d'effectuer dans les régions intérieures de l'atome, les rayons X sont, en quelque sorte, un intermédiaire entre la chimie et la radioactivité.

Ce n'est pas, du reste, par hasard, que les rayons de RŒNTGEN ont si puissamment contribué à faire progresser la physique moderne : c'est parce qu'en réalité, parmi toutes les autres radiations électromagnétiques dont ils constituent une région, leur longueur d'onde, ou, si l'on préfère, leur fréquence, se trouve précisément d'un ordre de grandeur convenable.

Si l'on se place au point de vue des longueurs d'onde, on voit que celles des rayons X, qui s'échelonnent entre 10^{-6} et 10^{-9} cm., se comparent aux diamètres atomiques, ou bien aux distances des molécules dans les solides et les liquides. Les réseaux cristallins pourront donc jouer, vis-à-vis d'eux, le même rôle que les réseaux optiques pour la lumière visible. De plus, le fait que les longueurs d'onde se trouvent être de l'ordre des dimensions atomiques, ou plus courtes que celles-ci, entraîne des conséquences importantes dans les théories où interviennent des phénomènes d'interférences ou de diffraction.

Mais c'est surtout au point de vue de leur fréquence que les rayons dont nous parlons se sont trouvés particulièrement aptes à révéler de nouveaux aspects des phénomènes.

Les fréquences, ou plutôt les quanta des rayons X, font, en effet, intervenir des énergies propres qui peuvent aller de quelques centaines à quelques centaines de milliers d'électron-volts; il en résulte d'abord qu'avec eux, les phénomènes quantiques dont le grain devient pour ainsi dire énorme, sont particulièrement frappants et jouent un rôle primordial. Avec la lumière visible, l'aspect ondulatoire des radiations est encore de beaucoup le plus apparent, tandis que l'aspect quantique et corpusculaire ne se révèle que par des expériences délicates. Avec les rayons X, au contraire, l'aspect quantique devient souvent le plus important. Si l'on avait connu et étudié plus tôt les rayons de RŒNTGEN, on n'aurait pas attendu aussi longtemps pour apercevoir le rôle immense que joue dans les phénomènes naturels la constante de Planck.

Une des tâches les plus importantes et les plus ardues, devant lesquelles la physique corpusculaire s'est trouvée placée, consiste dans l'élaboration d'un modèle d'atome. L'interprétation de tous les phénomènes de la physique et de la chimie, aussi bien que ceux de la radioactivité et de la chimie nucléaire, dépend, en effet, de la représentation adoptée pour la constitution des atomes des corps simples. Rien n'indiquait, au moment de la découverte de RŒNTGEN, que l'on pourrait même aborder ce problème. Une trentaine d'années plus tard, il était résolu, sinon d'une manière définitive, — rien n'est définitif dans le progrès continu de la science humaine, — mais au moins d'une façon remarquablement satisfaisante. Je ne crois pas exagérer en disant que, dans cet achèvement si rapide et si complet, le premier rôle a été joué par les radiations qui nous occupent.

Cependant, vers les années 1911, 1912, RUTHERFORD et ses collaborateurs poursuivaient leurs recherches sur la déviation subie par les rayons α au moment de leurs chocs avec les atomes matériels. RAMSAY, SODDY et RUTHERFORD avaient, depuis 1908, montré que les corpuscules α sont des atomes d'hélium réduits à leur noyau positif. Pour représenter les atomes, on ne disposait que du modèle proposé par J. J. THOMSON, qui envisageait d'une façon assez vague des électrons

enrobés en quelque sorte dans une masse positive étendue, destinée à les retenir et à les neutraliser. On connaissait maintenant cette charge positive à l'état isolé dans le cas de l'hélium, et ses caractères indiquaient qu'elle était presque ponctuelle. Une longue et remarquable série de recherches expérimentales précisèrent que le noyau positif de l'atome devait, en effet, être regardé comme une charge d'électricité positive occupant un volume extrêmement petit et que les électrons négatifs devaient circuler autour de lui à une distance relativement très grande; le noyau aurait un diamètre de l'ordre de 10^{-13} cm., tandis que le diamètre de l'atome atteindrait la valeur, cent mille fois supérieure, de 10^{-8} cm.

Bien des obscurités subsistaient encore; si l'origine des raies spectrales devait être attribuée aux électrons effectuant autour du noyau des mouvements périodiques, il était impossible de comprendre comment le rayonnement électromagnétique de ces électrons ne venait pas diminuer leur énergie cinétique et modifier leur période, ce qui serait absolument contraire à l'étroitesse et à la permanence des lignes d'émission constatées dans les spectres.

Pourtant, deux jeunes physiciens, NIELS BOHR et MOSELEY, se rencontraient au laboratoire Cavendish. Leurs travaux allaient prendre un relief admirable, grâce à la découverte inattendue qu'en juin 1912, publièrent les savants allemands VON LAUE, FRIEDRICH et KNIPPING.

On avait bien, dès l'époque de RŒNTGEN, fait passer des rayons X à travers des cristaux, puisqu'un des premiers soins des physiciens d'alors fut naturellement de chercher à reproduire les phénomènes optiques de double réfraction et de polarisation, en utilisant le nouveau rayonnement. Si les investigateurs primitifs avaient insisté davantage, s'ils avaient employé des cristaux moins épais, des ampoules plus puissantes et des temps de pose plus longs, au lieu de se contenter d'enregistrer la tache centrale qui, paraissant sur les clichés, marque le passage du faisceau non dévié, ils auraient vu apparaître ces diagrammes symétriques de taches qu'il fallut attendre si longtemps pour obtenir, et la physique aurait fait un bond de vingt ans.

C'est probablement le renom de pénétration des rayons X qui fut la cause de ces insuccès en conduisant à employer des cristaux trop épais. En physique, il ne suffit pas d'avoir une idée et de l'essayer, il faut encore avoir l'adresse ou la chance de réaliser des conditions expérimentales appropriées.

Sur ces entrefaites, un événement considérable se préparait dans les milieux scientifiques de Munich. SOMMERFELD y réunissait ses élèves et les intéressait aux recherches théoriques qu'il poursuivait lui-même sur l'arrêt des électrons dans les tubes générateurs de rayons X, et sur la nature des ébranlements de l'éther qui pouvaient en résulter; un autre professeur connu, le cristallographe GROTH, faisait autorité dans sa partie. Justement, un de ses jeunes disciples, EWALD, venait de soutenir une thèse remarquée sur le passage de la lumière à travers les milieux cristallisés. Un élève encore inconnu de SOMMERFELD, MAX VON LAUE, posa la question de savoir ce qui se passerait pour une lumière dont la longueur d'onde tomberait au-dessous des distances intra-moléculaires; on s'aperçut alors qu'il pourrait y avoir des maxima de diffraction et que les radiations invoquées trouveraient peut-être leur réalisation dans le domaine des rayons X; l'assistant de SOMMERFELD, FRIEDRICH, se mit en mesure de tenter l'expérience.

LAUE et ses collaborateurs furent donc amenés à réaliser un dispositif permettant d'envoyer à travers un cristal un pinceau de rayons X. Frappés aussi de l'impuissance de la vieille théorie des impulsions isolées, ils savaient qu'au-dessous d'une certaine valeur de la longueur d'onde, les expériences de diffraction à travers les fentes et diverses autres propriétés optiques pouvaient faire prévoir les résultats négatifs que donnait l'observation. Pour retrouver les phénomènes familiers de l'optique physique, il fallait une structure régulière à l'échelle de longueurs d'onde mille fois plus petites que celles de la lumière ordinaire; la théorie réticulaire de la matière cristallisée offrait précisément un exemple de telles structures si l'on admettait l'ordre de grandeur des distances moléculaires que les estimations du nombre d'AVOGADRO permettaient de prévoir. L'expérience donna, sans trop de difficultés, le résultat espéré en fournissant un diagramme de taches, dont LAUE apportait en même temps une explication théorique assez complète.

On sait à quelles conséquences mutiples et importantes cette découverte devait conduire. C'était d'abord la confirmation de la structure réticulaire de la matière cristallisée, la confirmation des hypothèses moléculaires et de la valeur numérique des grandeurs qui y sont attachées, tandis que la physique des rayons X allait sortir des tâtonnements où elle se débattait jusqu'alors. Un moyen nouveau et puissant venait d'être mis à la disposition des cristallographes pour préciser les structures qu'il convient d'attribuer aux espèces minérales; toute cette partie de la science s'en trouva renouvelée.

Les développements en furent rapides. Non seulement les cristaux proprement dits se montrèrent justiciables de la nouvelle méthode, mais les poudres cristallines, les structures complexes des alliages métalliques, les fibres végétales et animales, toute une série de composés organiques, dont les longues chaînes moléculaires s'orientent par rapport aux surfaces qu'elles peuvent recouvrir, trouvèrent là un moyen d'analyse pénétrant.

Le calcul et l'expérience ont même pu atteindre les phénomènes que présente la matière amorphe, les liquides et les gaz. Formés aussi naturellement de molécules ou d'atomes, ces divers états de la matière ont aussi un certain degré de structure qui, sans présenter la symétrie élevée des cristaux, ne se traduit pas moins par des apparences variées.

La découverte de la diffraction des rayons X n'apportait pas seulement un outil infiniment précieux pour les cristallographes; de même que les réseaux optiques fournissent une mesure des longueurs d'onde lumineuse, les réseaux cristallins permettent de calculer la longueur d'onde des rayons X; l'analyse spectrale de ces radiations était donc née. Ses caractères et ses résultats devaient surpasser

en portée profonde ceux qu'avait présentés la spectroscopie des rayons lumineux. Dès la fin de 1913, MOSELEY put montrer, en effet, que les spectres de rayons X des corps simples, largement indépendants, sauf pour des détails secondaires, de l'état physique ou chimique des corps considérés, donnaient à la suite naturelle des éléments sa pleine signification et permettaient de formuler une loi simple et générale, applicable à tous les éléments sans exception. Les spectres de tous les corps ont une structure semblable; on peut y reconnaître des raies homologues et suivre leurs déplacements d'un bout à l'autre de la table de Mendéléeff. En découvrant un détail dans le spectre d'un corps particulier, on met en lumière une particularité qui se retrouvera dans le spectre de tous les autres. La position des repères spectraux s'altère graduellement en passant d'un élément au suivant, si bien qu'il peut devenir évident que deux corps, par exemple, entre lesquels on ne connaît pas d'intermédiaire, ont, en réalité, des rangs qui ne sont pas immédiatement voisins, et encadrent un élément inconnu, dont on peut prédire le spectre avec précision dans tous ses détails. Plusieurs corps nouveaux ont été ainsi découverts et quelques-uns ont pu être isolés.

Les lois expérimentales de Moseley cadraient parfaitement avec l'atome de Rutherford, tel que BOHR en avait achevé la structure et déterminé les traits. Une particularité essentielle de cet atome, très importante par sa portée en philosophie naturelle, se trouve aussi vérifiée. Le nombre de charges positives élémentaires que porte le noyau, égal au nombre des électrons négatifs qui l'entourent, s'identifie avec le rang de l'élément considéré dans la suite naturelle des corps simples. Déjà, les résultats expérimentaux des mesures de diffusion des rayons X, et les déviations subies par les projectiles atomiques au moment de leurs chocs, avaient montré que ce nombre de charges élémentaires dans le noyau était de l'ordre de grandeur de la moitié du poids atomique, et l'on sait que le rang d'un corps dans la suite naturelle, que l'on désigne souvent sous le nom de nombre atomique et par la lettre Z, est en effet de cet ordre de grandeur. Mais les spectres de rayons X ont définitivement éclairci la chose et confirmé ainsi une suggestion formulée pour la première fois par VAN DEN BROEK.

A quoi doit-on attribuer cet ordre et cette simplicité dans les spectres de rayons X, par rapport aux données compliquées et enchevêtrées des spectres lumineux ? C'est au fait que les électrons les plus extérieurs de l'atome, responsables des raies spectrales dans le domaine de la lumière visible et ultra-violette, sont sensibles aux perturbations que leur apportent les liaisons physiques ou chimiques des atomes et mettent en jeu, pour tous les éléments, des énergies de liaison du même ordre (quelques électron-volts), qui situent à peu près toutes les raies dans le même domaine spectral. Même aux plus hautes températures que nous sachions réaliser, les électrons plus profonds auxquels sont dus les spectres de rayons X, protégés en quelque sorte par leur enfoncement dans l'atome, étaient restés ignorés jusque-là. En explorant ces parties centrales, les spectres de RŒNTGEN ont dévoilé la constitution de base de la généralité des atomes et les lois régulières qui la régissent.

L'étroite corrélation des radiations du type RŒNTGEN avec la constitution des atomes se traduit du reste par une propriété bien frappante. Il suffit qu'un faisceau de rayons X vienne rencontrer une substance quelconque pour qu'il en fasse littéralement une analyse complète, en précisant la nature des corps simples qu'elle renferme. Les rayons secondaires, ondulatoires ou corpusculaires, que le rayonnement X excite dans la matière, sont en effet absolument caractéristiques des atomes rencontrés. Si nos yeux pouvaient voir les rayons de RŒNTGEN, il suffirait de regarder un objet pour savoir de quoi il est fait; on touche là encore du doigt la différence des informations que nous apportent la lumière habituelle et cette forme de lumière plus aiguë qui constitue les rayons X.

Mais ces mêmes radiations n'ont pas borné là les services qu'elles devaient rendre à la science; elles ont aussi très fortement contribué au renversement qui s'est effectué dans nos conceptions relatives à la nature de la lumière, grâce à l'importance que prend, pour ce genre de rayonnement, l'aspect quantique des phénomènes.

Dès la production des rayons X, cette influence des quanta est manifeste; un faisceau d'électrons, animés d'une vitesse commune, vient-il à frapper une anticathode, le spectre continu qu'elle émet sera délimité d'une façon nette du côté des grandes fréquences, et la fréquence limite ainsi définie est reliée à l'énergie des électrons incidents par la relation de Planck, c'est-à-dire que cette fréquence s'exprimera par le quotient de cette énergie par la constante h des quanta. A ce fond continu viennent se superposer des séries de raies, qui caractérisent l'anticathode, chaque série apparaîtra au moment où l'énergie des projectiles électroniques incidents prendra la valeur qui correspond, par cette même relation de Planck, à la fréquence de la discontinuité d'absorption prévue par l'atome de Bohr pour la série de raie considérée.

Si les rayons X eux-mêmes frappent un obstacle, les électrons qu'ils en feront jaillir par le mécanisme de l'effet photoélectrique se relieront de même aux fréquences du rayonnement incident par la relation des quanta; nous avons déjà vu combien ce fait avait attiré l'attention intriguée des premiers observateurs qui le constataient; nous devons maintenant nous y arrêter un peu davantage parce qu'il est particulièrement instructif, aussi bien au point de vue de la matière qu'au point de vue du rayonnement.

On sait que, dans un champ magnétique uniforme d'orientation convenable, des charges électriques en mouvement voient leurs trajectoires se transformer en parcours circulaires. Si l'intensité du champ magnétique est connue, le rayon de ces cercles permet de calculer la vitesse des électrons. Supposons donc qu'un faisceau de rayons X, renfermant si l'on veut plusieurs radiations de fréquences différentes, vienne frapper un petit radiateur secondaire placé dans le vide et soumis à un champ magnétique. Il résultera de l'effet photoélectrique des rayons incidents sur les atomes du radiateur que chaque radiation monochromatique, présente dans le faisceau incident, arrachera aux atomes des

électrons, auxquels sera communiquée la vitesse qui correspond, par la relation des quanta, à la fréquence des rayons employés. Mais ces électrons pourront appartenir à des couches différentes de l'atome illuminé et exiger, pour en être expulsés, des travaux d'extraction différents; chaque radiation fera donc jaillir des flots d'électrons dont les vitesses seront régies par la loi d'Einstein $W = h\nu - E$, où W est l'énergie cinétique de chaque flot d'électrons, exigeant pour leur extraction le travail de sortie E, tandis que $h\nu$ mesure le quantum des rayons incidents. En dernière analyse, on trouvera donc sur la plaque photographique où viennent s'enregistrer, sous forme de raies, les divers flots d'électrons monocinétiques, un spectre corpusculaire où peuvent à la fois se lire les longueurs d'onde des rayons incidents et les niveaux d'énergie de l'atome illuminé. Cette mesure n'est pas, cette fois, obtenue en fonction des distances réticulaires d'un cristal et des angles de diffraction, mais en fonction des longueurs mesurées sur la plaque et de l'intensité du champ magnétique appliqué. On voit donc combien il est remarquable de relier entre elles des grandeurs aussi différentes, et à quel point les spectres de corpuscules et les spectres de radiations se présentent comme une sorte de transposition de l'un par rapport à l'autre.

En 1925, le physicien américain A. H. Compton, qui venait de montrer l'existence de la réflexion totale dans le cas des rayons X, et d'ouvrir ainsi brillamment un chapitre important de leurs propriétés optiques, fit connaître un phénomène absolument nouveau et tout à fait inexplicable au point de vue de la théorie ondulatoire des radiations. Il montra qu'en plus de l'effet photoélectrique, où le quantum entier des rayons incidents est transféré à l'électron expulsé, et de la diffusion normale où les rayons sont simplement redistribués dans l'espace sans altération de leur longueur d'onde, on pouvait obtenir une nouvelle sorte de diffusion dans laquelle les rayons voyaient leur longueur d'onde augmenter, tandis que la fraction ainsi perdue de leur quantum d'énergie servait à projeter des électrons de recul dans des directions appropriées. Le phénomène est analogue à une sorte de choc d'un photon sur un électron lié à l'atome. Tandis que le photon rebondit avec une énergie quantique moindre, il projette l'électron frappé en suivant les lois du choc balistique.

Le phénomène de Compton porta les derniers coups à la théorie des ondulations pures, et reste un des plus curieux de la physique des radiations.

Quand il fut découvert, mon frère Louis de Broglie, avait, depuis deux ans, énoncé les principes qui devaient servir de base à la mécanique ondulatoire. Mais, bien que la beauté interne de cette théorie et la symétrie qu'elle établissait entre les ondes et les corpuscules fussent des indices très encourageants, il lui manquait encore la consécration d'une preuve expérimentale directe. Ce furent encore l'usage et les méthodes de la physique des rayons X, qui permirent d'obtenir celle-ci.

En 1927, en effet, Davisson et Germer, à New-York, firent connaître que des résultats expérimentaux, obtenus en utilisant une ampoule où circulaient des électrons, ne pouvaient s'expliquer qu'en admettant que ces corpuscules présentaient des phénomènes de diffraction, comme ceux qu'aurait éprouvés une radiation, dont la longueur d'onde serait égale à la constante de Planck divisée par la quantité de mouvement des électrons. C'était exactement la relation prédite par la mécanique ondulatoire. Un peu plus tard, G. P. Thomson, puis de nombreux autres montrèrent qu'on pouvait mettre le phénomène hors de doute au moyen d'un dispositif plus simple, emprunté aussi à la technique des rayons X, en observant les anneaux de diffraction produits par le passage des électrons à travers une couche très mince de matière cristallisée. Le développement des recherches inspirées par l'étude des rayons de Rœntgen aboutissait donc à un renouvellement complet de la notion d'onde lumineuse, comme il avait servi à préciser les traits des modèles d'atomes. On sait que la mécanique ondulatoire ne borne pas son domaine aux phénomènes de la lumière, mais qu'elle constitue vraiment une deuxième approximation de la mécanique générale qui gouverne le mouvement des corps, en même temps qu'elle donne à la notion de loi une signification statistique dont la portée philosophique est profonde.

Elle étend à la propagation des faisceaux de corpuscules des lois analogues à celles que l'on avait depuis longtemps reconnues pour la marche des pinceaux de radiation, nous venons d'en citer des exemples à propos des électrons; les méthodes et la technique des rayons X ont trouvé là un prolongement inattendu de leur champ d'application.

Enfin, il ne faut pas oublier que les radiations du domaine de Rœntgen ne sont pas limitées à celles qui proviennent des électrons de Bohr.

Au sein du noyau lui-même prennent aussi naissance des rayons qui appartiennent, par leurs caractères, à la gamme des rayons X. Les substances radioactives naturelles en présentent de nombreux exemples et, dans les phénomènes nucléaires que nous offre la série si étendue aujourd'hui des éléments radioactifs artificiels, ces rayons sont fréquents et d'un intérêt particulier. On a pu montrer que les états métastables, assez permanents pour être facilement observables, étaient précisément ceux pour lesquels l'excitation faible du noyau correspond à l'émission de rayons gamma de grande longueur d'onde, c'est-à-dire de véritables rayons X.

Les phénomènes de radioactivités artificielles connus sous le nom d'isomérie nucléaire, de capture d'électrons K, sont parmi ceux qui, dans ce domaine, donnent aujourd'hui lieu à un grand nombre de recherches fécondes. C'est souvent aux rayons X, émis au cours de ces transformations, que l'on a recours pour préciser la nature des nouvelles espèces nucléaires qui se succèdent.

Il n'est donc pas exagéré de dire que les rayons de Rœntgen ont guidé la Physique moderne, depuis la région superficielle des atomes où siègent les phénomènes lumineux, jusqu'à l'intérieur de leur noyau, source de cette énergie intra-atomique dont l'utilisation nous fait entrevoir aujourd'hui de si surprenantes perspectives.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉLECTROTHÉRAPIE ET DE RADIOLOGIE (*)

SÉANCE DU 3 NOVEMBRE 1945

Réunion annuelle des trois Sociétés, sous la Présidence de M. BEAU.

SOMMAIRE

CONFÉRENCES :

Alfred FESSARD. — **Trois conceptions du fonctionnement nerveux central** 145

LEPRINCE-RINGUET. — **La constitution du noyau des atomes** 150

ACTES DE LA SOCIÉTÉ 159

Allocution de M. BEAU.
Allocution de M. PILON.

RÉUNION ANNUELLE DES TROIS SOCIÉTÉS

3 NOVEMBRE 1945

Pour la sixième fois, les trois Sociétés, Françcaise d'Electrothérapie et de Radiologie, d'Electroradiologie médicale de France, et Française des Electriciens, se réunirent en séance annuelle, le samedi 3 novembre 1945, à l'Amphithéâtre du Centre Marcellin-Berthelot.

Instituées au cours des hostilités, en novembre 1939, dans des conditions difficiles, ces réunions connurent un succès toujours grandissant.

Cette dernière séance fit salle comble, comme le méritait la qualité des orateurs. MM. PILON, DIDIÉE *et* BEAU *présidaient.*

A la suite des allocutions de M. PILON, *Président de la Société française des Electriciens, et de* M. BEAU, *Président de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie, l'auditoire put apprécier l'exposé de leurs récents travaux que* M. ALFRED FESSARD, *Directeur de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Etudes, et* M. L. LEPRINCE-RINGUET, *Professeur à l'Ecole Polytechnique, Directeur de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Etudes pratiques, exprimèrent en deux magistrales conférences.*

Le lecteur en trouvera le texte in extenso *dans ce* Journal.

Y. H.

CONFÉRENCES

TROIS CONCEPTIONS DU FONCTIONNEMENT NERVEUX CENTRAL

Par ALFRED FESSARD, Directeur à l'Ecole des Hautes Etudes.

La fonction primaire du système nerveux est d'assurer une liaison rapide entre différentes parties d'un organisme vivant : à cet effet, des *signaux nerveux*, engendrés dans les organes des sens, se propagent le long des fibres qui composent chaque nerf, et atteignent finalement les organes de réaction qu'ils ébranlent. Cette émission, cette propagation, cette action finale, obéissent à des lois que nous commençons à connaître, et même, pour ce qui est de la propagation des signaux nerveux, nous sommes déjà entrés dans la voie des explications physico-chimiques.

Mais il y a un mécanisme beaucoup plus caractéristique de la fonction nerveuse, — et aussi beaucoup plus difficile à comprendre — c'est la façon suivant laquelle les signaux nerveux se distribuent dans les centres : distribution essentiellement *sélective* dont le mécanisme est entrevu de façon bien différente suivant les auteurs.

Le profane est facilement porté à croire que cette distribution s'opère au moyen de connexions nerveuses établies une fois pour toutes, et sans doute les dispositions structurales ont-elles un rôle impor-

(*) *En ce qui concerne ce* Bulletin, *adresser toutes correspondances au Secrétaire général,* Dr HÉLIE, *108, avenue Victor-Hugo, Paris.*

tant à jouer. Mais, d'une part, les réactions commandées par le système nerveux ont trop de variété, de souplesse, pour dépendre uniquement de connexions rigides; d'autre part, l'étude microscopique des structures révèle une telle richesse de ramifications, un tel enchevêtrement de celles-ci, qu'un signal quelconque, si ce n'était qu'affaire de connexion, pourrait envahir la totalité du système nerveux.

Il faut donc chercher dans des facteurs dynamiques l'explication du fait que tel signal « choisit » une voie plutôt qu'une autre, le « carrefour » étant, comme l'écrit LAPICQUE (1), « le dispositif essentiel du centre nerveux ». Trois conceptions principales nous proposent leurs thèmes explicatifs :

La première, bien connue en France, est celle de LAPICQUE. Elle repose essentiellement sur les travaux chronaximétriques de cet auteur et de ses élèves, c'est-à-dire sur l'exploration méthodique de la constante de temps d'excitabilité électrique, de différents nerfs, examinés le plus souvent *in situ*.

La deuxième dérive de l'étude des potentiels d'action nerveux à l'échelle la plus fine possible : ce sont les travaux de ADRIAN et de ses disciples.

La troisième tire son inspiration de l'étude analytique et macroscopique des réflexes, telle qu'elle a été magistralement entreprise par SHERRINGTON et ses collaborateurs.

Comme il arrive toujours en pareil cas, chaque théorie porte la marque de la technique familière à l'auteur qui l'a conçue : ces techniques ayant été très différentes, il n'est pas étonnant que les trois théories envisagées apparaissent en premier examen comme peu compatibles. Cependant, chacune a touché à un aspect de la réalité, et, en les exposant, nous défendrons l'idée qu'aucune ne peut prétendre à l'exclusivité et qu'elles se complètent plutôt qu'elles ne s'opposent.

Certaines données fondamentales, qui interviennent dans les trois théories, doivent d'abord être rappelées. Données structurales : les auteurs sont d'accord pour admettre la théorie *neuronique*, et pour placer les événements critiques aux synapses. Données fonctionnelles : *la transmission est uni-directionnelle* ; quant à l'agent de cette transmission, il serait purement électrique selon les uns, chimique selon les autres, ou encore mixte, ou bien variable. De toutes façons, le processus électrique est au moins une bonne image de ce qui se passe initialement. A l'impulsion nerveuse, succèdent des phénomènes complexes d'évolution plus lente, sorte d'effets balistiques de l'impulsion incidente; selon LAPICQUE et d'autres auteurs, la première seule assurerait la transmission. Pour l'école de SHERRINGTON, les seconds joueraient le premier rôle, en conditionnant un état central *d'excitation* ou *d'inhibition*. Pour ECCLES, les deux types d'action seraient capables d'assurer le relayage d'activité d'un neurone au suivant : il y aurait un relayage rapide, type *détonateur*, et un relayage lent, que nous proposons d'appeler *balistique*.

Retenons cette distinction sans nous attarder à cette échelle élémentaire de processus, et abordons le problème essentiel, celui de la *sélectivité* des distributions.

Dans le cas le plus simple, nous avons trois neurones, n1 dirigeant ses impulsions vers n2 ou n3, schéma qui évoque l'idée d'un *aiguillage*. Pour expliquer un tel aiguillage préférentiel, il est au fond plus important de se représenter le mécanisme du blocage de certaines voies que celui du passage de l'influx. Chaque théorie a sur ce mécanisme sa conception particulière.

Pour LAPICQUE, c'est la disproportion des constantes de temps, ou *hétérochronisme*, qui constituerait la barrière suffisante pour retenir les impulsions toujours prêtes à envahir l'ensemble du système nerveux.

(1) LAPICQUE (L.) : *La machine nerveuse*. Paris, Flammarion, 1942.

Expliquons-nous sur ce point : la constante de temps de n1, ou chronaxie, conditionne la durée de l'impulsion du premier neurone; la chronaxie de n2 conditionne la position de sa courbe d'excitabilité pour des impulsions électriques de même forme que le potentiel d'action (fig. 1). Ce dernier est d'amplitude et de durée fixes (loi du tout ou rien). Si les conditions d'ajustement de la courbe à l'impulsion sont critiques, ce qu'admet LAPICQUE, l'aiguillage dépendra de la position de la courbe d'excitabilité; on a prouvé, d'autre part, que la position du minimum de la courbe dite de « pararésonance » (MONNIER) est en relation directe avec la chronaxie.

Or, depuis la découverte initiale de MARCELLE LAPICQUE, en 1923, bien des faits ont révélé la réalité d'un contrôle supérieur des constantes de temps, donc de la position latérale de la courbe d'excitabilité. La conception des LAPICQUE et de leurs élèves est toute dominée par cette vision d'un contrôle souple et incessant des constantes de temps de certains neurones d'étape par des centres supérieurs spécialisés. Cette *subordination centrale* s'exercerait en *abaissant sélectivement* certaines chronaxies, rétablissant passagèrement les communications nécessaires à l'exécution de tel ou tel mouvement (voir fig. 1).

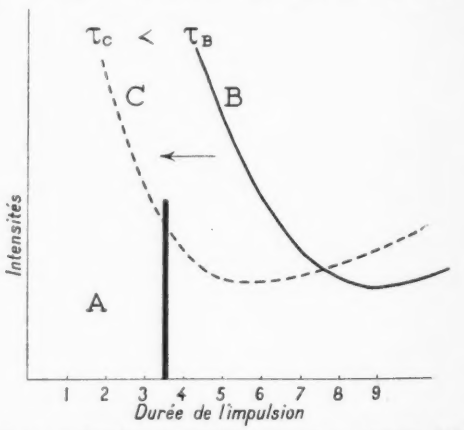


FIG. 1. — Courbes d'excitabilité de n2 en fonction de la durée de l'impulsion excitatrice. En *A*, position supposée de l'impulsion de n1 sur l'échelle de temps (le trait représentant l'amplitude de l'impulsion). En *B*, fort hétérochronisme : pas de transmission. En *C*. faible hétérochronisme : la transmission devient possible dès que le trait vertical rencontre la courbe.

Cette théorie est exposée dans le livre récent de LAPICQUE : « La machine nerveuse ». Soulignons seulement qu'ici chaque impulsion est *isolément* porteuse de la propriété — en l'espèce sa durée — qui décidera, en présence des neurones de chronaxies différentes qu'elle aborde, vers lequel elle se trouvera aiguillée. C'est donc aux seconds neurones qu'incombe la charge du triage. La transmission normale, dans ce schéma, a lieu essentiellement « coup pour coup », c'est l'expression même de LAPICQUE. A chaque influx incident correspond une impulsion émise.

La théorie de LAPICQUE est remarquablement cohérente. Mais, ainsi que le déclare lui-même son auteur, elle n'a pas la prétention d'être complète. Dès l'avertissement de son livre, nous sommes prévenus qu'il s'agit « non d'un exposé de doctrines classiques, mais de vues personnelles ». Tournons-nous donc vers les faits qui sont à la base des autres conceptions.

L'une des plus importantes me paraît être cette universalité de la *forme rythmique* de l'activité nerveuse naturelle. Il convient d'insister sur ce mot de naturel. En effet, les impulsions qui sont lancées dans un tronc

nerveux par la clef d'excitation du physiologiste ne sont pas en général une bonne imitation de ce qui se passe au naturel. Comme l'a montré pour la première fois l'école de Cambridge, les signaux nerveux sont le plus souvent émis et transmis par *trains d'impulsions* régulièrement rythmés, ou *pulsations*, et, sauf exception, ces pulsations ne sont pas en phase dans les différentes fibres d'un même nerf.

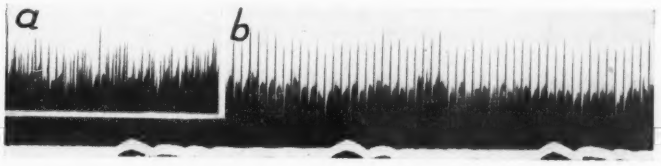


FIG. 2. — Exemple de pulsations sensorielles (sensibilité musculaire du chat). En *a*, mélange de plusieurs pulsations élémentaires. En *b*, pulsation élémentaire à l'état pur : temps en 1/5e de seconde.

Constatons d'abord la réalité de l'activité rythmique naturelle. Depuis 1926, date à laquelle ADRIAN et ZOTTERMAN enregistrèrent l'impulsion élémentaire de la sensibilité musculaire, les différentes catégories sensorielles ont été explorées; d'autre part, en 1928, ADRIAN et BRONK réussirent les premiers isolements d'impulsions motrices réflexes. De l'énorme ensemble de résultats acquis depuis les premiers travaux, il est inutile de donner beaucoup d'exemples (fig. 2); d'où qu'ils proviennent, messages sensoriels ou commandes motrices, les graphiques présentent le même aspect, à certaines particularités d'enregistrement près. Ce sont toujours des trains d'impulsions identiques dont seule la fréquence varie, croissant avec l'intensité de l'action qui les fait naître, incitation motrice ou stimulation sensible, et diminuant plus ou moins vite avec le temps (adaptation). Dans les conditions ordinaires de fonctionnement, cette fréquence varie d'environ 10 par seconde à plus de 100. Des fréquences beaucoup plus élevées, ne dépassant toutefois pas 1.000, ne sont atteintes que dans l'excitation auditive ou vibratoire.

D'autre part, la prospection électrique de l'activité centrale a révélé un fait nouveau, d'importance capitale : l'existence, à côté des décharges transitoires ou entretenues dont la cause extérieure est visible, de *rythmicités spontanées* qui relèvent d'un mécanisme autonome. Des portions complètement isolées du système nerveux central peuvent être le siège, soit de pulsations lentes, soit de variations périodiques continues de formes diverses qu'il est plus correct de désigner sous le nom général d'*oscillations* (fig. 3). Un exemple frappant est celui des ondes alpha de l'électro-encéphalogramme humain. Il est démontré que, dans beaucoup de cas, ces oscillations ne sont que des résultantes complexes de pulsations mal synchronisées.

Ainsi, nous sommes conduits à imaginer les centres nerveux comme sans cesse envahis par un afflux d'innombrables impulsions rythmées nées à la périphérie sensible, comme déversant en retour un flot d'impulsions analogues vers les organes de réaction, comme capables enfin d'engendrer des rythmes autonomes. Les commandes finales ne prennent donc leur forme qu'après une élaboration complexe où l'on devine de multiples interférences, non seulement entre les impulsions incidentes, mais entre celles-ci et les activités locales.

Aucune théorie de la transmission synaptique ne peut, aujourd'hui, s'affranchir de cette vision de multitudes mouvantes de micro-impulsions rythmées cherchant leurs voies dans un réseau polysypnatique d'une complexité inimaginable, et qui n'a pas la passivité qu'on lui prêtait autrefois.

Dans les transmissions synaptiques naturelles, il nous paraît donc difficile d'admettre qu'en dehors de l'action isolée de chaque impulsion, un rôle important, sinon prépondérant, ne soit pas réservé aux caractéristiques de l'activité rythmique, c'est-à-dire à la fréquence, au nombre des impulsions, à leurs rapports de phase. Comment concevoir ce rôle ?

Evidemment, en admettant l'intervention normale, dans les centres, de processus d'accumulation de résidus que les effets balistiques aux synapses permettent aisément de prévoir. Or, ces processus sont réels. LAPICQUE lui-même a établi les lois selon lesquelles les voies hétérochrones pouvaient être forcées par la répétition des excitations; mais ces réflexes qu'il appelle « itératifs » apparaissent, dans sa théorie, comme des modalités anormales de relayage, imposées artificiellement par la clef du physiologiste qui veut effectuer à distance un sondage de la chronaxie du neurone central.

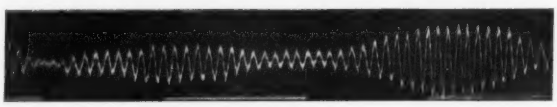


FIG. 3. — Oscillations spontanées observées sur le ganglion optique de la libellule maintenue dans l'obscurité (A. FESSARD).

La théorie pure se doit en effet de les rejeter, car *cette accumulation dans le temps rend inopérant l'obstacle élevé par l'hétérochronisme.* Nous pensons, au contraire, que ce fonctionnement itératif doit être réhabilité chez l'animal normal comme modalité naturelle de la transmission centrale, avec tous les avantages de gradation souple que cette modalité comporte. Au cours de ces dernières années, des recherches électro-physiologiques sont venues, en effet, apporter la preuve directe de la réalité de ces processus lents (travaux de GASSER et collaborateurs, de MATTHEWS et BARRON, de ADRIAN, etc.). La figure 4 montre l'enre-

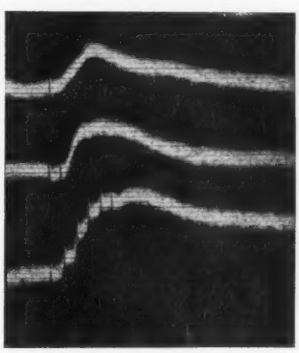


FIG. 4. — Variations du potentiel médullaire postérieur, provoquées par l'arrivée d'impulsions émises par un organe tactile isolément stimulé (Grenouille) (d'après A. FESSARD et B. H. C. MATTHEWS, 1939).

gistrement du potentiel spinal à l'entrée dans la moelle dorsale de quelques impulsions tactiles, provoquées par un léger contact de la peau chez la grenouille (d'après FESSARD et MATTHEWS).

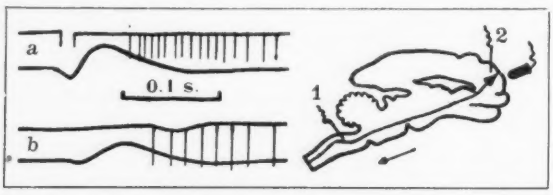


FIG. 5. — Calque d'enregistrements simultanés de pulsations recueillies dans la voie pyramidale et des dépolarisations cellulaires qui les ont provoquées (d'après E. D. ADRIAN et G. MORUZZI, 1939). En *a*, réaction à un contact violent; en *b*, contact léger. A droite : schéma figurant la disposition des électrodes (cerveau du Chat).

Des dépolarisations centrales prolongées analogues ont été constatées non seulement sur la moelle, mais sur le ganglion sympathique et sur l'écorce cérébrale, à l'arrivée de la pulsion sensorielle. Or, cette dépolarisation, élaborée par l'arrivée de pulsations centripètes, est capable à son tour de provoquer une excitation des seconds neurones d'une façon graduelle, en fonction de la fréquence et du nombre des impulsions incidentes. C'est ce que, par exemple, PIÉRON suppose pour expliquer le recrutement des neurones sensitifs de l'écorce cérébrale.

Si la dépolarisation d'un des seconds neurones dépasse un certain niveau critique, des pulsations, et non plus seulement une simple impulsion, seront émises en général ; de même que, sur un nerf isolé, une dépolarisation durable imposée donne naissance, dans certaines conditions, à une activité rythmique de quelque durée (FESSARD, 1936).

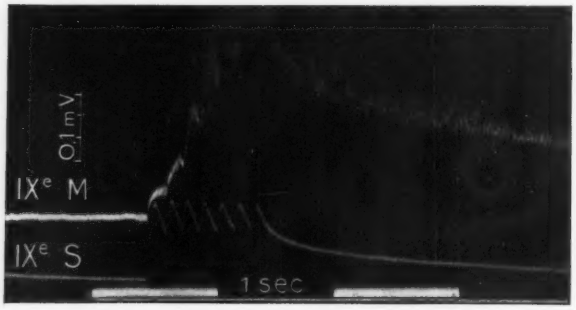


FIG. 6. — Enregistrements simultanés des variations du potentiel médullaire antérieur *(M)* et postérieur *(S)* accompagnant un réflexe croisé (grenouille). Remarquer l'effet de la sommation et la prolongation de la décharge du côté moteur (A. FESSARD, 1944).

BARRON et MATTHEWS ont montré, en effet, que la moelle ventrale subit une dépolarisation durable en corrélation avec l'émission de pulsations centrifuges. Voici, d'autre part, un bel exemple provenant de la région motrice du cerveau, d'après ADRIAN et MORUZZI (fig. 5). Dans des recherches récentes, nous avons réussi à enregistrer simultanément les potentiels médullaires des deux côtés de la moelle, sensitif et moteur, au cours de la mise en jeu d'un réflexe contra-latéral, les impulsions sensitives étant provoquées pour simplifier par la stimulation électrique d'un nerf cutané (fig. 6). Finalement, voici le schéma auquel on aboutit pour le réflexe médullaire. Il est adapté de celui que BARRON et MATTHEWS proposèrent en 1938, à la suite de leurs premières analyses des potentiels de la moelle (fig. 7).

Ce schéma est en apparence sans rapport avec celui de la théorie de LAPICQUE, car ici, l'obstacle synaptique, constitué par *l'inexcitabilité du pôle récepteur du deuxième neurone à une seule impulsion*, est vaincu par la répétition des impulsions. On pourrait dire, dans le langage de la théorie chronaxique, que les résidus d'excitation ont abaissé le seuil de n2. En réalité, le changement est bien plus profond : il n'y a plus, le corps cellulaire se révélant plus inerte que l'axone, d'homogénéité chronologique du neurone, et la transmission n'a plus lieu coup pour coup. Il y a un remaniement des fréquences, on ne peut plus parler d'un aiguillage, mais seulement d'une *réémission*.

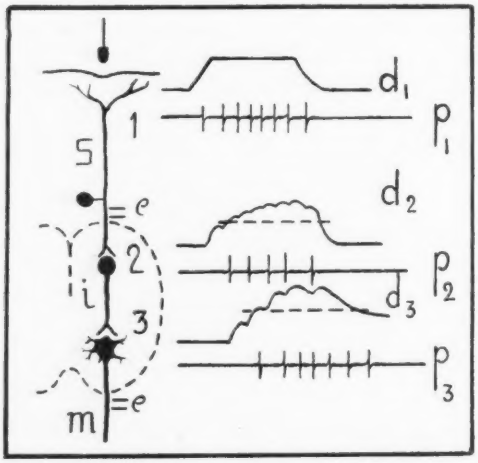


FIG. 7. — Schéma de la succession des dépolarisations *(d)* et des pulsations *(p)* aux différents étages (sensitif, intermédiaire, moteur) d'une chaîne neuronique médullaire (imité de BARRON et MATTHEWS, 1938). En *e*, position des électrodes dans l'expérience de la figure 6.

Ce mode de relayage (balistique au lieu de détonateur) se rencontre-t-il fréquemment ? Nous en avons vu plus haut des exemples, et la généralité du mode rythmique d'activité dans l'excitation naturelle nous en donne la conviction.

Cependant, l'expérience courante semble d'abord donner raison aux défenseurs du premier système : lorsqu'on excite électriquement l'écorce cérébrale, les rameaux préganglionnaires du sympathique, les nerfs sensitifs de l'animal intact, le fonctionnement coup pour coup est la règle. Comment expliquer ces divergences expérimentales ?

C'est en cherchant à les comprendre que nous allons enfin arriver à la troisième conception qu'il nous reste encore à examiner. Ce sont des données de structure, des données géométriques, qui vont maintenant nous guider. La grande différence entre les expériences où le coup pour coup réussit et celles où il échoue, c'est que, dans les premières on trouve toujours un électrophysiologiste qui, muni de sa clef d'excitation, attaque simultanément tout un groupe de fibres. Un tel *synchronisme* ne correspond que rarement aux conditions naturelles d'émission : ce ne serait pas grave s'il ne se

produisait autre chose qu'un agrandissement de ce qui se passe à l'échelle du neurone, comme c'est le cas pour la commande neuro-musculaire, si souvent prise pour modèle, en particulier pour établir la théorie de l'isochronisme. Mais ce modèle nous trompe, car la plupart des jonctions neuroniques sont des centres de convergence, ou, selon l'expression de SHERRINGTON, des centres *d'intégration*. Ce sont des carrefours, mais des carrefours convergents.

L'histologie, avec RAMON Y CAJAL, et plus récemment LORENTE DE NO, a bien établi la réalité de cette multiplicité de contacts (boutons terminaux) de chaque corps cellulaire avec les neurones voisins. Il existe parfois plusieurs dizaines, même plusieurs centaines d'articulations sur un même neurone. Il n'y a pas que le neurone moteur, la « voie finale commune », selon SHERRINGTON, qui jouisse de cette propriété, mais aussi certains neurones sensitifs (cellules ganglionnaires de la rétine périphérique), les neurones intermédiaires de la moelle, et même la cellule ganglionnaire sympathique.

La synapse du ganglion sympathique a toujours été prise, pour sa simplicité, comme le prototype du dispositif de transmission coup pour coup. Or, le coup pour coup n'a plus lieu lorsqu'on travaille sur une seule fibre, ou sur des fibres non stimulées en même temps. Un électro-physiologiste comme BRONK, qui a spécialement étudié ce cas, écrit que « la fréquence de la décharge cellulaire est déterminée non plus par la fréquence des impulsions présynaptiques de quelque fibre que ce soit, mais par le niveau d'excitation développé par les rythmes indépendants d'un certain nombre de fibres ».

Même lorsqu'une réaction réflexe déclenchée électriquement fonctionne coup pour coup, si on la supprime en abaissant la tension appliquée aux nerfs sensitifs un peu au-dessous du seuil, bien des fibres nerveuses sont encore excitées, mais leur nombre est devenu trop faible pour activer les neurones integrateurs. On en la preuve dans le fait qu'on peut de nouveau obtenir la réponse en répétant assez rapidement la stimulation. On dit que le réflexe est devenu *itératif*. La sommation dans le temps a compensé l'insuffisance de la sommation spatiale, dont la réalité est par là même démontrée.

C'est cette convergence qui, dans la conception de SHERRINGTON, est le facteur capital pour le déterminisme de la transmission synaptique. La fonction distributive dépend alors étroitement de la fonction intégrative. Le confluent synaptique est tout un monde où se rencontrent non seulement des actions excitatrices, mais aussi inhibitrices. Ici, l'obstacle, c'est l'insuffisance d'excitation apportée par une impulsion élémentaire isolée. Et de fait, chaque fois — ou presque — que l'on est descendu à l'échelle neuronique, on a constaté cette insuffisance (LORENTE DE NO, ECCLES, BRONK).

Ce qui lèv l'obstacle, c'est la convergence sur le même neurone de plusieurs impulsions excitatrices émises de différents points de l'organisme, à moins que ce ne soit la disparition de certaines impulsions inhibitrices.

On doit considérer que, même en l'absence de transmission, chaque surface réceptrice des neurones centraux se trouve généralement bombardée de façon à peu près ininterrompue par de nombreuses pulsations asynchrones. LORENTE DE NO a décrit des dispositifs multiplicateurs d'influx qui semblent être justement là pour accroître la densité et la durée du bombardement. Ainsi se maintiendrait, avec des fluctuations diverses, un certain *tonus* central. Si ce tonus est élevé (fig. 8), une impulsion additionnelle pourra franchir la synapse; mais il est bien évident que dans le creuset où se trouve incluse cette impulsion au milieu de toutes les autres, il est difficile de lui conserver son individualité, difficile de prétendre que l'impulsion sortante est la même que celle qui abordait le neurone. Et d'autre part, on ne peut plus parler non plus d'accord résonantiel, avec des actions électriques résultantes aussi complexes, n'ayant plus ni la forme définie, ni la durée fixe nécessaires à la réalisation de ces accords.

Hâtons-nous de dire, pour atténuer l'impression d'irréductibilité qui peut se dégager de cette confrontation des théories, que la première n'ignore pas, bien entendu, les phénomènes d'intégration, pas plus que les formes rythmiques d'activité. Mais elle en localise l'action à des centres supérieurs spécialisés, ceux-là mêmes qui assureraient le contrôle de l'excitabilité des neurones situés aux étages inférieurs : action *en deux temps*, donc, qui a l'avantage de conserver, pour les transmissions banales, la pureté du mécanisme résonantiel primitif.

Il est bien certain qu'il ne faut pas placer sur le même plan, au point de vue pouvoir intégrateur, toutes les confluences neuroniques. Des hiérarchies existent sûrement. Mais il est bien certain aussi qu'à presque tous les niveaux doivent avoir lieu des phénomènes d'intégration d'impulsion disparates, et aussi des phénomènes d'interaction à courte distance, dus à des influences électriques ou chimiques locales, que nous ne pouvons que mentionner ici.

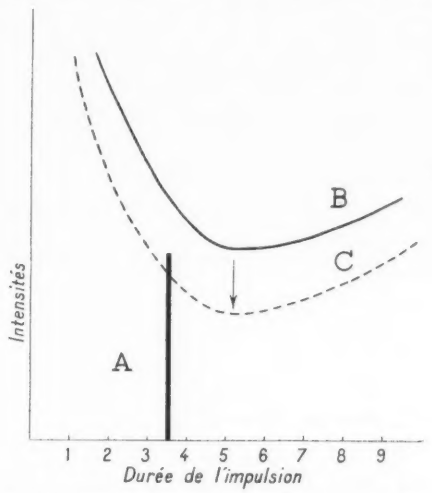


FIG. 8. — *A*, amplitude du potentiel d'action de n1. En *B* et *C*, courbes d'excitabilité de n2. Le tonus central s'élève (le seuil s'abaisse) quand on passe de *B* en *C*.

CONCLUSION. — Nous avons cherché à présenter aussi impartialement que possible les conceptions qui s'offrent actuellement à nous pour expliquer schématiquement le mécanisme de la transmission sélective des impulsions nerveuses.

Dans la première, l'obstacle synaptique est vaincu par « le coup de bélier » d'une macro-impulsion dont les caractéristiques chronologiques sont importantes à considérer.

Dans la deuxième, il l'est par une accumulation d'effets minimes dus à la répétition monotone de micro-impulsions arrivant par *trains*.

Dans la troisième, tout dépend d'une certaine *préparation du terrain*, assurée par un bombardement plus ou moins dense d'impulsions dispersées, c'est-à-dire non-synchrones.

Chacun de ces schémas relatifs à la mécanique nerveuse centrale correspond, n'en doutons pas, à un aspect du réel. Ce qui sépare les théories, c'est surtout le fait que chacune s'est trouvée mettre l'accent sur un phénomène, en négligeant un peu les autres: et,

d'autre part, c'est une terminologie qui a créé arbitrairement des divisions souvent plus verbales que réelles. On ne fait que gagner à rapprocher les trois points de vue et, ce faisant, il est bien évident qu'on est encore loin d'épuiser la réalité.

L'avenir aura à préciser le mécanisme et le rôle exact de processus encore mal connus, tels que l'inhibition, les interactions électrostatiques non propagées, les variations électriques locales du type oscillatoire, les circulations d'influx en chaînes fermées. Quoi qu'il en soit, nous devons retenir comme un progrès définitif cette découverte de ces quinze à vingt dernières années, du rôle fondamental des modes rythmiques d'activité qui, à l'origine, furent passablement délaissés et mis à part des thèmes de la physiologie nerveuse traditionnelle.

Les trois conceptions qui viennent d'être passées en revue font chacune sa part à l'activité rythmique :

La première, en en faisant l'animatrice des centres de subordination générateurs de métachronoses, contrôleurs et régulateurs de la « machine nerveuse ».

La deuxième, en faisant de la rythmicité et de la sommation dans le temps, ce que l'électrophysiologiste SCHAEFER dénomme un peu pompeusement « les deux facteurs cardinaux de la configuration et de la mélodie excitationnelle du système nerveux central ».

La troisième, en demandant à la multitude des micro-impulsions (et à leurs interactions) de tisser la toile de fond changeante d'où émergeront, dans le cadre des contraintes structurales, et modulés par ces changements, les grands thèmes fonctionnels de l'activité distributrice du système nerveux central.

PRINCIPALES RÉFÉRENCES

ADRIAN (E. D.) : *The mechanism of nervous action.* Oxford Univ. Press, London, 1932.

ADRIAN (E. D.) et MORUZZI (G.) : *J. Physiol.*, 97, 1939, 153.

BARRON (D. H.) et MATTHEWS (B. H. C.) : *J. Physiol.*, 92, 1938, 276.

BRONK (D. W.) : *J. Neurophysiol.*, 2, 1939, 380.

ECCLES (J. C.) : *Ann. Rev. Physiol.*, 1, 1939, 363.

FESSARD (A.) : *Recherches sur l'activité rythmique des nerfs isolés.* Paris, 1936.

FESSARD (A.) et MATTHEWS (B. H. C.) : *J. Physiol.*, 95, 1939, 9P.

LAPICQUE (L.) : *La Machine nerveuse.* Paris, 1942.

LAPICQUE (L. et M.) : *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, 718.

LORENTE DE NO (R.) : *J. Neurophysiol.*, 2, 1939, 402.

MONNIER (A. M.) : *L'excitation électrique des tissus.* Paris, 1934.

SHERRINGTON (C. S.) : *The integrative action of the nervous system.* Oxford Univ. Press, London, 1906.

LE NOYAU DES ATOMES (1)

(Protons, neutrons, mésons)

Par LOUIS LEPRINCE-RINGUET,

Professeur à l'Ecole Polytechnique, Directeur de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Etudes pratiques.

MESSIEURS LES PRÉSIDENTS,
MESDAMES, MESSIEURS,

Le Dr FESSART vient de vous parler des neurones : avec une très légère altération, on passe du neurone au neutron. Mais le neutron ne doit pas avoir ses entrées à la Société française des Electriciens, car il est électriquement neutre ; aussi sera-t-il question du noyau atomique qui, heureusement, est porteur d'une charge électrique. Au cours de cet exposé, le neutron interviendra tout de même, car il possède, pour sa justification devant un tribunal d'électriciens, la propriété remarquable de pouvoir se transformer en un proton et, ainsi, acquérir une charge.

La connaissance du noyau des atomes s'est développée, depuis 1930, de façon extraordinairement rapide : c'est devenu un lieu commun de dire cela. Il y a quinze ans, lorsque je commençais mon apprentissage de physicien au laboratoire du Duc DE BROGLIE, on cherchait encore à réaliser le premier compteur d'électrons et le premier amplificateur proportionnel pour la détection des particules ionisantes, aucun de ces deux appareils fondamentaux n'existant alors en France ; actuellement, le résultat des études sur le comportement des noyaux atomiques est en voie de modifier, d'une façon extrêmement profonde, la structure industrielle, militaire, sans doute même sociale et politique de tous les pays du monde.

Aussi est-il difficile d'exposer en une heure l'essentiel d'un sujet aussi vaste : il me semble que la seule façon de résoudre cette difficulté est de présenter trois ou quatre tableaux, très schématiques et très simplifiés, correspondant aux trois ou quatre principales étapes des découvertes dans la connaissance du noyau.

Nous indiquerons seulement l'essentiel, sans entrer dans les détails si nombreux et complexes, aussi bien sur le plan expérimental que sur le plan théorique. Nous donnerons naturellement les résultats expérimentaux, mais nous dirons aussi, brièvement, par quelles voies le physicien a pu aborder l'étude théorique des noyaux, celle du champ nucléaire, en particulier, dont dépendent les interactions entre les constituants des noyaux.

(1) Communication présentée à la séance mensuelle de la Société française des Electriciens du samedi 3 novembre 1945, tenue en commun avec la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie médicale, et la Société d'Electroradiologie médicale de France.

PREMIÈRE ÉTAPE, 1900 A 1930

C'est au cours de ces trente années que l'on acquit les premières indications sur l'existence des noyaux atomiques d'une part, sur leurs dimensions, leur masse, leur stabilité d'autre part. On put même, pendant cette période, obtenir certaines données sur la structure des noyaux et sur leur constitution possible.

La radioactivité naturelle fut le premier phénomène remarquable de la physique nucléaire : les corps radioactifs qui, à part le potassium et le rubidium, sont des éléments lourds, émettent spontanément des rayonnements α, β et γ, dont les énergies sont parfois considérables : les particules α sont des noyaux d'hélium éjectés avec une énergie pouvant atteindre plusieurs millions d'électrovolts, c'est-à-dire d'un ordre de grandeur très différent de celles que l'on observe dans les phénomènes atomiques ou moléculaires, ces derniers mettant en jeu quelques électronvolts en général. Les rayons β sont des électrons

négatifs dont l'énergie est comparable à celle des rayons α, mais dont le spectre est continu, à l'inverse de ce qui se passe pour les spectres de la physique atomique, dont le caractère fondamental est d'être discontinu. Les rayons γ sont des photons analogues aux rayons X, mais avec, en général, un quantum plus élevé.

La loi qui régit les phénomènes de radioactivité naturelle est une loi simple de décroissance exponentielle définissant une « vie moyenne » : pendant chaque intervalle de temps identique, la même proportion de noyaux atomiques d'un même élément radio-actif se désintègre, ce qui est l'expression de l'égale probabilité de désintégration qu'ont tous les noyaux. Nous ne pouvons pas modifier la loi de décroissance radioactive, qui est indépendante de toutes les actions connues physiques ou chimiques.

Certaines expériences, en particulier celles de RUTHERFORD et de ses élèves sur la diffusion des particules α par les atomes, ont permis d'avoir une idée des dimensions géométriques des noyaux et de leur charge électrique : on peut, en première approximation, se faire du noyau l'image d'une sphère de dimension extraordinairement petite, dont le rayon serait de l'ordre de 10^{-13} cm., soit le dix-millionième de millionième de centimètre. Il va sans dire que la notion de dimension du noyau n'est pas une notion simple : nous aurons l'occasion de la préciser un peu tout à l'heure; mais les mesures ont permis de limiter les rayons du noyau à des valeurs comprises entre $1{,}5.10^{-13}$ cm. et 9.10^{-13} cm., lorsque l'on passe des éléments les plus légers aux éléments les plus lourds.

La charge du noyau, Ze, est un nombre entier de fois la charge électrique élémentaire e. Z est le *numéro atomique* de l'élément, c'est son rang de classement dans la table périodique des corps simples : on se représente donc le noyau comme une particule très petite, contenant l'essentiel de la masse matérielle, et dont la charge positive est Ze. Ce noyau est entouré — masqué même serait un mot plus juste — par Z électrons disposés avec des régularités dont les spectres atomiques, lumineux ou X, permettent d'analyser la structure; on invoque souvent, pour se représenter cette organisation atomique, soit l'image des orbites dans un modèle planétaire, soit, pour se conformer un peu mieux aux notions actuelles, celle d'un nuage d'électrons, entourant le noyau. L'espace occupé par ces électrons périphériques est considérable en regard de celui occupé par le noyau, puisque les dimensions atomiques sont de l'ordre de 10^{-8} cm.

Il est très important de remarquer que les propriétés chimiques et physiques des éléments dépendent exclusivement (sauf dans quelques cas exceptionnels), de l'arrangement des électrons périphériques. Le noyau n'intervient pas : ce sont les actions entre électrons extérieurs et les arrangements des niveaux correspondants qui déterminent les propriétés chimiques des corps. La valeur du nombre Z définit l'élément chimique intéressé, depuis l'hydrogène ($Z = 1$) jusqu'à l'uranium ($Z = 92$) : il faut bien remarquer que les noyaux n'interviennent pas en première approximation dans la discrimination entre les éléments.

LES ISOTOPES. — La valeur de Z donnant *la nature* de l'élément, que peut-on dire de la masse nucléaire? La réponse est fournie par les expériences de J. J. THOMSON, ASTON, etc., qui ont réussi à donner des indications précises grâce à la découverte des isotopes.

On parvient, en effet, à ioniser les atomes, par une décharge électrique par exemple. Ces atomes ionisés sont constitués par des noyaux incomplètement saturés de leurs électrons : on peut faire agir sur eux des champs électriques et magnétiques soit pour leur communiquer de grandes vitesses, soit pour dévier leurs trajectoires. L'action conjuguée d'un champ électrique et d'un champ magnétique permet de discriminer les noyaux ou les atomes ionisés de même nature et de vitesse différente selon le rapport $\frac{M}{e}$ de leur masse à leur charge électrique, les trajectoires étant différentes pour les diverses valeurs de ce rapport. L'appareil utilisant ce principe est le spectrographe de masse; il a permis de constater ce fait important que, pour un même élément, tous les noyaux n'étaient pas identiques : pour la très grande majorité des éléments, on a découvert l'existence de plusieurs noyaux, que l'on appelle isotopes, possédant le même Z et des masses différentes, en général assez proches l'une de l'autre : ainsi le fer, dont le numéro atomique est 26, possède quatre isotopes dont les masses sont 54, 56, 57, 58 : l'étain possède dix isotopes. L'hydrogène en possède deux, l'hydrogène ordinaire et l'hydrogène lourd ou deutérium dont le noyau a une masse double.

Seuls, quelques éléments comme l'aluminium ne possèdent pas d'isotopes. Signalons que l'uranium, dont le numéro atomique est 92, possède 3 isotopes dont les masses sont 238, 235, 234, et dans les proportions respectives suivantes : plus de 99 %, 0,7 %, 1/10.000e.

DÉFAUT DE MASSE, ÉNERGIE D'ASSOCIATION. — On a constaté que la masse des noyaux était très voisine de multiples exacts de la masse du noyau d'hydrogène ou proton, mais qu'il subsistait, néanmoins, une petite différence, la masse nucléaire étant toujours inférieure de quelques millièmes à un multiple entier de celle du proton. Ces différences s'interprètent par la correspondance relativiste bien connue entre la masse et l'énergie : à toute masse m correspond une énergie $W = mc^2$, c étant la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide. On prend d'habitude, comme unité de masse, le 1/16e de la masse de l'atome d'oxygène : sa valeur est de $1{,}16.10^{-24}$; l'énergie correspondante, obtenue par la relation $W = mc^2$, est de $1{,}49.10^{-3}$ ergs, ou encore, exprimée avec une unité différente, 931 10^6 électronvolts, soit 931 meV. (mégaélectronvolts).

Puisque chaque masse nucléaire est très peu différente d'une nombre entier de fois la masse du proton, on peut définir la masse d'un noyau par un nombre entier A. Le noyau sera donc caractérisé par deux nombres : A, nombre de masse; Z, nombre de charge. Les noyaux de même Z et dont les A sont différents ont les mêmes *propriétés* chimiques, ce sont les isotopes; les noyaux de même valeur A et dont les Z sont différents n'ont pas les mêmes propriétés, ce sont des isobares.

Puisque la masse de l'atome d'hydrogène est 1,008 dans le système d'unité habituellement utilisé, l'expression $W_1 = A.\ 1{,}008 - M$ donnerait l'énergie de liaison si l'on supposait le noyau formé de particules de masse protonique exclusivement. M est ici la masse de l'atome et non du noyau, les électrons périphériques disparaissent dans cette relation puisque 1,008 se rapporte à l'atome d'hydrogène et non au proton.

On appelle d'habitude défaut de masse l'expression

$$\Delta = \text{masse de l'atome} - A,$$

et l'on considère souvent le rapport $\frac{\Delta}{A} = P$. Les Anglais l'appellent « packing fraction » : c'est la proportion d'énergie rapportée à l'unité de masse dégagée lors de la formation du noyau.

Ce défaut de masse donne des indications précieuses sur les énergies d'association des particules constituant le noyau : pour qu'un noyau soit stable, il faut qu'il ait été formé avec dégagement d'énergie, c'est-à-dire perte de masse, à partir des constituants. Naturellement on doit, pour obtenir ces valeurs énergétiques, connaître les constituants du noyau : en supposant ce dernier formé de protons seuls, on trouve une courbe empirique, appelée courbe d'ASTON, donnant une valeur de P pour les différentes masses. On déduit de cette courbe très aplatie que l'énergie de

liaison augmente d'une façon à peu près constante de 8 meV. quand on passe d'une masse A à la masse nucléaire $A + 1$, quelle que soit la position de l'élément, sauf pour les valeurs de A très petites ou très élevées. Cette remarque sera intéressante pour la suite. On en déduit aussi que les énergies cinétiques des constituants des noyaux, que l'on envisage comme étant comparables aux énergies de liaison, sont faibles devant les énergies propres des particules : il n'y aura donc pas lieu de faire intervenir de corrections relativistes à l'intérieur des noyaux.

HYPOTHÈSE PROTON-ÉLECTRON. — En dehors de ces expériences, on avait obtenu des preuves, avant 1930, de la possibilité d'opérer un certain nombre de transmutations artificielles : depuis 1919, les physiciens de l'école de RUTHERFORD, suivis par d'autres chercheurs, avaient réussi à observer de véritables transmutations artificielles de certains éléments (azote, aluminium, etc.) : en bombardant, par des particules α de grande énergie, des noyaux atomiques, on parvenait, avec d'ailleurs une probabilité très faible, à les rompre, le noyau bombardé expulsant un proton de grande énergie et le reste ainsi transformé n'étant naturellement pas décelable dans la masse du métal.

A la suite de ces expériences, l'on imagina, pour le noyau, une constitution de protons et d'électrons : l'on voyait, en effet, sortir du noyau, soit des protons, soit des électrons, soit des particules α, ces dernières pouvant être considérées comme des agglomérations particulièrement stables de protons et d'électrons : le noyau (A, Z) contiendrait A protons et $A - Z$ électrons. Cette hypothèse, qui paraissait séduisante en 1930, s'est heurtée à de très grosses difficultés à la suite de la découverte du neutron et de l'électron positif : elle a été abandonnée en faveur de l'hypothèse proton-neutron, dont nous parlerons plus loin.

DEUXIÈME ÉTAPE, 1932 A 1934

DÉCOUVERTE DE L'ÉLECTRON POSITIF, DU NEUTRON, DE LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE. — Alors que les premières expériences sur les transmutations et sur la connaissance du noyau s'étaient effectuées lentement, faute de moyens techniques suffisamment puissants, celles qui se sont poursuivies depuis 1932 ont été réalisées à une cadence extrêmement rapide : cette grande floraison expérimentale a pu apparaître grâce à trois découvertes de première importance, celle du positon, celle du neutron et celle de la radioactivité artificielle.

Le neutron a été découvert, en 1932, à la suite de travaux mémorables de BOTHE et BECKER, de I. CURIE et F. JOLIOT, et finalement de CHADWICK à Cambridge. Le neutron est une particule matérielle dont la masse est très voisine de celle du proton (1,009 contre 1,0075 pour le proton) et dont la charge électrique est nulle. Il a été observé, au cours de certaines transmutations, dont la plus célèbre est celle du béryllium par les rayons α. Le neutron possède un certain nombre de propriétés très remarquables : en particulier, il est capable, puisqu'il ne possède pas de charge électrique, de franchir sans difficulté les barrières de potentiel qui entourent les noyaux et qui les protègent contre l'approche de particules électriquement chargées; de plus, le neutron n'a pas l'inconvénient de perdre son énergie par le phénomène habituel de l'ionisation : il peut ainsi franchir, dans la matière, sans être ralenti, de grandes distances, tant qu'il ne rencontre pas de noyau : alors que la particule α voit son énergie disparaître très vite à la traversée de la matière par l'ionisation courante des couches périphériques des atomes, et ne peut franchir plus de quelques centièmes de millimètre de métal, le neutron possède un parcours moyen de plusieurs centimètres dans un milieu condensé. Il y a lieu de remarquer que, même lorsqu'il a été ralenti par des collisions nucléaires, un neutron peut encore servir d'agent de transmutation : pour certaines réactions nucléaires, la « section efficace » de transmutation est même d'autant plus grande que le neutron est plus lent.

Le positon ou électron positif a été découvert à la même époque (1932), par ANDERSON, au cours de l'étude du rayonnement cosmique, et fut retrouvé ensuite dans les phénomènes secondaires de la radioactivité naturelle. Il peut être créé par un photon γ d'énergie suffisante, selon un schéma :

$$h\nu = m_0c^2_+ + m_0c^2_- + w,$$

$h\nu$ étant l'énergie du photon créateur, $m_0c^2_+$ et $m_0c^2_-$ les énergies correspondant à la création d'un électron positif et d'un électron négatif, et w l'énergie cinétique des deux électrons créés. Comme m_0c^2 est de l'ordre de 500 000 eV., seuls les photons de plus de 1 meV. seront capables de créer des paires d'électrons. L'électron positif apparaît, en effet, lorsque des photons d'une énergie supérieure à cette valeur critique frappent la matière.

LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE. — La découverte, en 1934, de la radioactivité artificielle (F. JOLIOT et I. CURIE), a montré qu'il pouvait y avoir, au cours de transmutations, création de noyaux instables inconnus dans la nature, et se transformant, avec des vies moyennes de valeurs diverses, en noyaux stables connus par émission d'électrons ou de positons. Depuis 1934, on a découvert ainsi plusieurs centaines d'isotopes nouveaux, radioactifs, et l'abondance correspondante des réactions nucléaires a fait progresser, d'une façon considérable, la connaissance des éléments fondamentaux des noyaux.

A la suite de ces trois découvertes de première importance, on a éliminé l'hypothèse que des électrons pussent exister dans les noyaux comme constituants, et l'on s'est rallié à une conception protono-neutronique des noyaux. Il est nécessaire, ici, de donner quelques explications pour comprendre ce changement de point de vue.

Nous avons dit que les dimensions des rayons des noyaux variaient entre 3.10^{-13} cm. pour les particules α et 9.10^{-13} cm. pour les noyaux d'uranium. Or, le rayon du noyau est précisément la distance du centre à laquelle la loi de COULOMB, valable aux très grandes distances, cesse de se faire sentir et cède le pas à une loi inconnue correspondant aux forces proprement nucléaires : la définition physique du rayon d'un noyau est précisément la distance du centre à laquelle ces forces nucléaires cessent de se faire sentir, et l'expérience montre qu'il est assez bien défini.

Pour concevoir alors la portée de l'un des arguments essentiels concernant l'impossibilité pour les électrons d'exister dans le noyau, il faut se reporter à la relation fondamentale de la Mécanique ondulatoire : pour un corpuscule matériel animé d'une vitesse v et doué d'une masse m, la longueur de l'onde associée à ce corpuscule est donnée par la relation de Louis de BROGLIE:

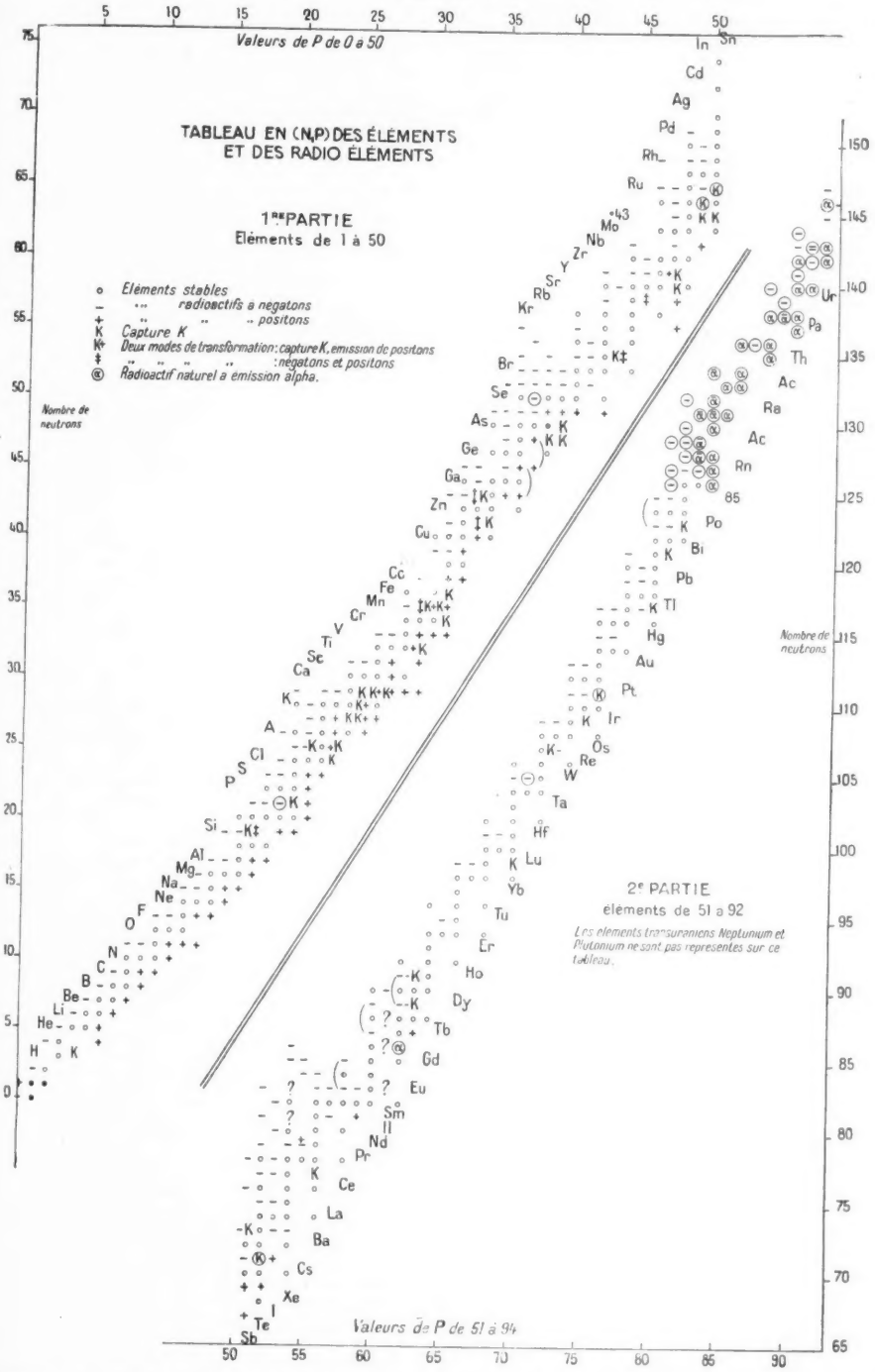
$$\lambda = \frac{h}{mv},$$

h étant la constante universelle de PLANCK : dans l'intérieur d'un noyau ou sur les niveaux de l'atome, l'image d'une particule décrivant un orbite peut être remplacée par celle d'une onde stationnaire enfermée dans un certain domaine. Or, pour qu'une onde, enfermée dans un domaine, puisse être stationnaire, il faut que sa longueur soit inférieure au double de la dimension du domaine. Pour qu'il puisse y avoir des états stationnaires pour des électrons dans les noyaux, il faut que la longueur des ondes associées soit inférieure aux rayons nucléaires. Or, si l'on admet que l'énergie de ces électrons est de l'ordre de 8 meV., c'est-à-dire de l'ordre de grandeur des énergies de liaison nucléaires, on trouve une longueur d'onde associée beaucoup plus grande que le rayon du noyau.

Cet argument est important, car les considérations de ce genre ont une très grande valeur en Physique.

a montré, en particulier, que ces derniers sont très petits devant le moment magnétique de l'électron. Or,

TABLEAU I



Bien d'autres arguments créent des difficultés sérieuses à l'hypothèse des électrons nucléaires : la connaissance des moments magnétiques des noyaux

on montre facilement que le moment magnétique d'une particule devrait être inversement proportionnel à la masse de cette particule, celui du proton devant pos-

séder, par suite, une valeur 1.850 fois plus petite que celui de l'électron (appelé magnéton de BOHR). En réalité, il est deux à trois fois plus grand que la valeur prévue, mais il conserve le même ordre de grandeur. Or, les moments magnétiques se composent : s'il y avait des électrons dans le noyau, on devrait trouver, sauf dans le cas où une compensation des moments magnétiques électroniques aurait pu se produire, de très grandes valeurs pour le moment résultant. Ce n'est pas le cas, et cet argument est aussi très fort contre la présence d'électrons nucléaires.

Enfin, d'autres sont tirés des considérations sur le spin, mais nous ne pouvons les développer aujourd'hui vu la complexité de cette notion.

HYPOTHÈSE PROTON-NEUTRON. — Si, parmi les particules expulsées par le noyau, nous supprimons les électrons comme constituants possibles, il nous reste les protons et les neutrons. On est donc amené à envisager une constitution du noyau en protons et neutrons. C'est l'hypothèse adoptée par HEISENBERG; elle a permis de lever la plupart des difficultés qui se présentaient précédemment. Elle a donné des résultats si remarquables que les physiciens l'admettent aujourd'hui unanimement. Il semble pourtant qu'il est alors difficile d'expliquer comment les électrons positifs et négatifs peuvent sortir du noyau s'ils n'y préexistent pas. En réalité, il n'y a pas là de difficulté très sérieuse : les physiciens sont habitués aux rayonnements qui apparaissent seulement lors de certaines transitions sans exister au préalable : ainsi, dans les atomes, les photons apparaissent lors des transitions d'électrons; cette notion est à la base de l'émission de tout spectre atomique. Ici, les rayons β remplacent les photons atomiques et les transitions s'effectueront, comme nous allons le voir, entre les constituants nucléaires protons et neutrons.

Si l'on suppose le noyau constitué de protons et de neutrons, le nombre de protons sera, nécessairement, Z, et celui des neutrons, $A - Z$, puisque la masse totale est formée de Z protons et de $A - Z$ neutrons. On s'est demandé pendant longtemps si l'un des deux constituants du noyau était une particule élémentaire, l'autre étant complexe. Mais il ne semble plus que la question puisse se poser ainsi, depuis le développement de l'hypothèse de HEISENBERG. Ce dernier a admis que le proton et le neutron n'étaient pas, en réalité, deux corpuscules sans rapport, mais correspondaient à deux états d'une particule nucléaire élémentaire, qu'il a appelée nucléon : lorsqu'un nucléon passe de l'état proton à l'état neutron, il y a émission d'un positon selon la relation $P = N + e_+$; inversement, quand un nucléon passe de l'état neutron à l'état proton, il y a émission d'un électron négatif selon le schéma $N = P + e_-$. Ainsi, l'apparition des électrons de radioactivité naturelle ou artificielle proviendrait du changement d'un nucléon : cette hypothèse a été précisée depuis une dizaine d'années à la suite de la découverte du méson, qui constitue le champ permettant les interactions entre nucléons.

TABLEAU II

Principaux types de transmutation.

Type de la réaction	Particules incidente	Particules émise	Exemple
(α, p).....	α	proton	$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}\alpha = ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H$
(α, n).....	α	neutron	$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}\alpha = ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$
(p, α).....	proton	α	$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H = ^{4}_{2}\alpha + ^{4}_{2}\alpha$
(p, d).....	proton	deuton	$^{9}_{4}Be + ^{1}_{1}H = ^{8}_{4}Be + ^{2}_{1}D$
(p, γ).....	proton	rayon γ	$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H = ^{8}_{4}Be + \gamma$
(p, n).....	proton	neutron	$^{19}_{9}F + ^{1}_{1}H = ^{1}_{0}n + ^{19}_{10}Ne$
(d, α).....	deuton	α	$^{6}_{3}Li + ^{2}_{1}D = ^{4}_{2}\alpha + ^{4}_{2}\alpha$
(d, p).....	deuton	proton	$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D = ^{1}_{1}H + ^{3}_{1}H$
(d, n).....	deuton	neutron	$^{2}_{1}D + ^{2}_{1}D = ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n$
(n, α).....	neutron	α	$^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n = ^{4}_{2}He + ^{3}_{1}H$
(n, p).....	neutron	proton	$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n = ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$
(n, γ).....	neutron	rayon γ	$^{23}_{11}Na + ^{1}_{0}n = ^{24}_{11}Na + \gamma$
$(n, 2n)$.....	neutron	2 neutrons	$^{31}_{15}P + ^{1}_{0}n = ^{30}_{15}P + 2^{1}_{0}n$
(γ, n).....	rayons γ	neutrons	$^{2}_{1}D + \gamma = ^{1}_{1}H + ^{1}_{0}n$

La représentation des divers noyaux en fonction de leurs constituants protons et neutrons a donné lieu au tableau représenté ci-contre; ce tableau est très remarquable et il y a lieu de l'examiner avec attention. L'on porte en abscisses les valeurs de Z et en ordonnées le nombre de neutrons $A - Z$; les éléments, au sens chimique du mot, se trouvent donc définis par des valeurs déterminées de l'abscisse d'un élément, nous trouvons les divers isotopes.

On remarque, à la vue de ce tableau, que le nombre de protons et le nombre de neutrons, qui sont, en moyenne, égaux pour les éléments légers, perdent ce caractère en faveur d'un excès de neutrons lorsqu'on arrive aux éléments lourds : la courbe moyenne s'incline vers le haut: pour l'isotope le plus abondant de l'uranium, par exemple, on trouve 92 protons et 238 — 92 = 146 neutrons.

On remarque aussi que la bande des corps stables, représentés par des petits cercles noirs, est bordée des deux côtés par les isotopes instables : au-dessus se trouvent les radioéléments qui émettent des rayons β négatifs, en-dessous ceux qui émettent des électrons positifs. Cette répartition des radioéléments est tout à fait conforme à ce qu'on peut imaginer sur la stabilité des noyaux. Les isotopes qui se trouvent au-dessus de la zone de stabilité possèdent trop de neutrons : ils se transformeront en isotopes stables par le passage d'un ou de plusieurs neutrons à l'état protons, c'est-à-dire par l'émission d'électrons négatifs. Au contraire, les radioéléments situés en-dessous de la bande de stabilité contiennent trop de protons, ils se transformeront donc en noyaux stables par le passage de protons à l'état neutrons, c'est-à-dire par l'émission de positons correspondant à la transition de protons à neutrons.

Bien d'autres constatations qui ont une grande importance pour la théorie du noyau peuvent être faites à l'occasion de l'observation de ce tableau : ainsi, les corps dont les Z et les N sont pairs sont en grande quantité (149); au contraire, ceux dont le Z et le N sont impairs sont très rares : il n'en existe

que 5 et encore sont-ils parmi les éléments légers. Ceux dont l'un des deux nombres N ou Z est pair, l'autre étant impair, sont en proportion moyenne

qui suivirent 1934 connurent un développement considérable de la chimie nucléaire. Sans entrer dans le détail, signalons que c'est surtout grâce aux neu-

TABLEAU III. — **Transmutation du bore.**

Bore 10.

(α, p) $^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}p$

(α, n) $^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n$; rad. + ; T = 9,93 ± 0,05 min. → $^{13}_{6}C + {}^{0}_{1}\beta$

(p, α) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{7}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha$; capt. K ; T = 53 ± 2 jours → $^{7}_{4}Be + {}^{0}_{-1}\beta \rightarrow {}^{7}_{3}Li$

(p, n) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{10}_{6}C + {}^{1}_{0}n$; rad. + ; T = 8,8 ± 0,8 sec. → $^{10}_{5}B + {}^{0}_{1}\beta$

(d, n) $^{10}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{11}_{6}C + {}^{1}_{0}n$; rad. + ; T = 21 ± 1 min. → $^{11}_{5}B + {}^{0}_{1}\beta$

(d, α) $^{10}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha$; explosif → $^{4}_{2}\alpha + {}^{4}_{2}\alpha$

(d, p) $^{10}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p$

(n, α) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}\alpha$

(n, p) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{10}_{4}Be + {}^{1}_{1}p$; rad. + ; Tenv. 10^6 ans → $^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}\beta$ (réaction incertaine)

(p, γ) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{11}_{6}C + \gamma$; rad. + ; T = 21 min. → $^{11}_{5}B + {}^{0}_{1}\beta$ (réaction incertaine)

Bore 11.

(α, p) $^{11}_{5}B + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$

(α, n) $^{11}_{5}B + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n$

(p, α) $^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha$; explosif → $^{4}_{2}\alpha + {}^{4}_{2}\alpha$

(p, n) $^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{11}_{6}C + {}^{1}_{0}n$; rad. + ; T = 21 min. → $^{11}_{5}B + {}^{0}_{1}\beta$

(d, n) $^{11}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$

(d, α) $^{11}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha$

(d, p) $^{11}_{5}B + {}^{2}_{1}d \rightarrow {}^{12}_{5}B + {}^{1}_{1}p$; rad. − ; T = 0,02 sec. → $^{12}_{6}C + {}^{0}_{-1}\beta$

(n, α) $^{11}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{8}_{3}Li + {}^{4}_{2}\alpha$; rad. + ; T = 0,09 ± 0,1 sec. → $^{8}_{4}Be + {}^{0}_{-1}\beta$; explosif → $^{4}_{2}\alpha + {}^{4}_{2}\alpha$

(p, γ) $^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma$

(55 dans un cas, 56 dans l'autre). Cette remarque interviendra naturellement pour l'établissement d'une théorie du noyau.

Dans le domaine de l'expérimentation, les années

trons, et aussi grâce aux sources puissantes de particules de très grande énergie récemment mises au point, que l'on a pu progresser aussi rapidement. D'une part, le neutron se révèle comme étant un merveilleux agent

de transmutation; d'autre part, le perfectionnement des tubes à haute tension et des cyclotrons a permis d'obtenir des faisceaux intenses d'ions atomiques accélérés, alors que le produit radioactif utilisé précédemment comme source de projectiles α ne donnait que des rayonnements relativement peu intenses et non focalisés. Les sources de projectiles utilisées pour les réactions de transmutation furent donc constituées de particules α, de protons accélérés, de neutrons, de deutérons (noyaux d'hydrogène lourd) et aussi de rayons γ.

Représentation des réactions. — Pour représenter ces réactions, on utilise des conventions simples qui apparaissent immédiatement sur le tableau II. L'on y voit les principaux types de transmutations avec un exemple pour chaque type. Considérons l'une de ces réactions :

$$^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{1}_{1}\mathrm{H} = ^{4}_{2}\alpha + ^{4}_{2}\alpha.$$

Cette équation exprime plusieurs relations simultanées : d'une part, elle doit être vérifiée en ce qui concerne la charge électrique, les nombres Z étant représentés en bas et à gauche de chaque élément; l'égalité de charge $3 + 1 = 2 + 2$ est bien réalisée.

Même nécessité pour l'égalité des nombres de masse, qui sont placés en haut et à gauche de chaque élément :

$$7 + 1 = 4 + 4.$$

Mais une autre égalité doit encore être satisfaite : si l'on transforme la masse en énergie par la relation d'Einstein, on doit avoir

$$\text{masse Li} + \text{masse H} = \text{masse } \alpha + \text{masse } \alpha + W,$$

W étant la différence d'énergie, transformée en masse, entre celle des deux particules α éjectées et celle des protons incidents. Cette relation doit être vérifiée : c'est le bilan énergétique de l'opération. Dans ce cas particulier, on connaît bien la masse de l'atome de ^{7}Li, celle de ^{1}H et celle de l'hélium; on connaît aussi l'énergie des protons qui opèrent la transmutation et l'on mesure, grâce à la chambre de Wilson, les énergies des particules α éjectées; on trouve que le bilan est bien vérifié. Dans d'autres cas, il est plus difficile de vérifier le bilan, mais cette relation peut donner, par exemple, la valeur de la masse exacte d'un des isotopes de masse mal connue. Parfois encore, elle permet de déterminer la réaction qui se produit.

Il est à remarquer qu'un même corps peut être désintégré de plusieurs façons. Voici (tableau III), les diverses désintégrations que l'on peut observer sur le bore lorsqu'il est bombardé soit par des particules α, soit par des deutons, soit par des protons, soit par des neutrons.

Une remarque très importante est la suivante : les réactions que nous indiquons ne sont pas des réactions en chaîne, c'est-à-dire ne provoquent pas l'explosion de la masse de l'élément bombardé. Pour qu'il y ait une réaction en chaîne, il faudrait que l'élément bombardé donnât naissance à un produit nucléaire capable de provoquer, à son tour, la désintégration d'un noyau voisin. Or, dans le cas où le projectile est électriquement chargé, le rendement de l'opération est extrêmement faible : presque tous les projectiles chargés perdent leur énergie par ionisation sans avoir la chance de franchir la barrière de potentiel d'un noyau. La seule possibilité serait avec des neutrons produisant la réaction $(n, 2n)$: un neutron peut arriver sur un noyau et provoquer sa désintégration avec expulsion de deux neutrons : en réalité, aucune de ces réactions ne donne des phénomènes en chaîne, car les neutrons émis ne possèdent pas l'énergie suffisante pour provoquer la réaction.

Nous verrons plus loin que, tout à fait différente des réactions précédentes, la rupture explosive de l'uranium a permis d'obtenir, par action en chaîne, des libérations considérables d'énergie nucléaire.

TROISIÈME ÉTAPE, DEPUIS 1936

Parmi les nombreux travaux et les découvertes effectuées depuis 1936, nous en choisirons deux qui sont complémentaires et qui sont toutes les deux d'une importance exceptionnelle : la découverte du méson d'une part, celle de la rupture explosive de l'uranium d'autre part.

Structure nucléaire et méson. — Le problème du méson est, en réalité, celui du champ nucléaire, problème que nous n'avons pas encore abordé et que nous n'aborderons d'ailleurs que d'une façon extrêmement superficielle. Nous avons parlé déjà des forces nucléaires dont l'action doit être limitée à une distance du centre du noyau qui correspond précisément au rayon nucléaire, mais nous n'avons rien dit sur la nature de ces forces. Or, on ne peut envisager que ces interactions se produisent par l'intermédiaire du champ électromagnétique dont la description nous est familière : en effet, le champ de Coulomb a une forme en $\frac{1}{r^2}$, avec un grand rayon d'action et une lente décroissance. Ici, la décroissance est extrêmement rapide puisque les forces nucléaires ne se font plus sentir au delà de 10^{-12} cm.; d'autre part, il ne peut être question du champ électromagnétique soit pour unir un proton et un neutron, puisque l'une de ces deux particules ne possède pas de charge électrique, soit *a fortiori* pour unir deux neutrons ou deux protons que leur charge identique repousse. Enfin, il faut tenir compte du fait important que les énergies de liaison sont proportionnelles au nombre des constituants; cela signifie que l'on doit éliminer l'hypothèse que toutes les particules nucléaires interagissent entre elles : l'énergie de liaison devrait augmenter dans ce cas comme le nombre des couples constituants, c'est-à-dire comme $\frac{A\,(A-1)}{(2)}$, ou, à peu de chose près, comme A^2. Or, elle n'augmente que selon la première puissance de A : tout se passe comme si chaque constituant n'agissait que sur son voisin. Cela nous place devant un phénomène analogue à celui de la saturabilité des molécules : une molécule homopolaire comme la molécule d'hydrogène est saturée, un troisième atome d'hydrogène ne se liant pas à elle; des considérations de ce genre entre autres ont poussé les théoriciens à utiliser le modèle de la goutte liquide comme guide pour l'établissement de la théorie du noyau.

Bien d'autres faits doivent aussi être interprétés et nous pourrons énumérer ici les principaux : la grande stabilité du noyau d'hélium; celle, relativement faible, du deutéron; les particularités de parité et d'imparité que nous avons déjà signalées à propos du tableau neutron-proton, et d'autres comme les résultats obtenus en observant la diffusion des protons par les protons. Il y a aussi, comme pierre d'achoppement aux diverses théories possibles du noyau, le grave problème du spectre continu du rayonnement β de la radioactivité.

C'est le physicien japonais Yukawa qui, en 1935, a introduit, pour l'explication des interactions nucléaires, une représentation du champ du noyau par l'intermédiaire d'un corpuscule dont la masse serait comprise entre celle de l'électron et celle du proton, le *méson* ou électron lourd. Le premier mémoire de Yukawa prévoit, pour la représentation du champ nucléaire, une fonction scalaire U et il suppose que cette fonction U doit satisfaire à une équation de propagation de la forme classique en Mécanique ondulatoire relativiste :

$$\square U = \frac{1}{c^2}\frac{d^2U}{dt^2} - \left(\frac{d^2U}{dx^2} + \frac{d^2U}{dy^2} + \frac{d^2U}{dz^2}\right) = -\frac{4\pi^2}{h^2}\nu_0^2 c^2 U = -k_0^2 U,$$

μ_0 étant une masse caractérisant le corpuscule associé au champ, h la constante de PLANCK et c la vitesse de la lumière dans le vide.

Dans le cas statique où U est indépendant du temps, on a

$$\frac{d^2U}{dx^2}+\frac{d^2U}{dy^2}+\frac{d^2U}{dz^2}=k_0^2U,$$

équation qui admet la solution à symétrie sphérique :

$$U=\frac{g\,e^{-k_0r}}{r},$$

r étant la distance; la valeur de la masse caractérisant le corpuscule associe au champ peut être définie par la considération des dimensions du noyau : si l'on admet que le potentiel est devenu très faible pour une distance r égale à 2.10^{-13} cm. du centre du noyau, on trouve $\mu_0 = 200$ fois la masse de l'électron.

YUKAWA prévoit aussi la possibilité pour cette particule de se désintégrer par une transformation radioactive, en émettant un électron (qui est l'électron de radioactivité β que l'on observe) et aussi une autre particule appelée neutrino dont l'existence, bien que probable, n'a pu être confirmée par l'expérience.

Il faut bien se rendre compte de l'importance de cette notion nouvelle : lorsque l'on considère les interactions entre particules électrisées habituelles, telles qu'électrons atomiques, ces interactions se font par l'intermédiaire d'un champ qui est, dans ce cas classique, le champ électromagnétique. Mais on sait que ce champ présente un aspect ondulatoire et un aspect corpusculaire associés. Celui-ci est fourni par les photons, et ce sont bien des photons qui apparaissent au cours de certaines expériences. Parler du champ électromagnétique et de sa propagation, ou parler des photons, c'est la même chose. Pour le champ nucléaire il en est de même, mais au lieu d'avoir affaire au champ électromagnétique qui n'a certainement pas, dans le noyau, une importance considérable, on introduit un champ nucléaire ou mésonique à l'aide de considérations aussi simples que possible : il est bien évident que son aspect corpusculaire sera différent de celui des photons. Des relations de Mécanique ondulatoire permettent de déterminer le caractère de la particule associée au champ en fonction de la définition du champ et de données expérimentales. La masse du méson fut ainsi théoriquement déterminée.

La première théorie du méson de YUKAWA fut, depuis 1935, profondément modifiée : elle fut transformée en une autre à forme vectorielle, ce qui était indispensable, car la théorie scalaire ne contenait aucun élément capable de représenter une dépendance du potentiel de l'orientation des « spins ». A la suite du physicien japonais, plusieurs grands théoriciens, tels que KEMMER, BETHE, BHABA, HEITLER, poursuivent d'ailleurs la description théorique du méson, en cherchant, ce qui n'est point facile, à l'accorder aux faits nucléaires expérimentaux actuellement bien connus. Si l'ensemble des tentatives théoriques n'a pas encore abouti à une forme satisfaisante, il témoigne tout au moins de l'importance très grande des problèmes soulevés.

LE MÉSON EXPÉRIMENTAL. — Pendant que se développait la théorie du champ nucléaire et que les équations du méson étaient imaginées, les physiciens du rayonnement cosmique se trouvaient devant un problème difficile à résoudre : celui de constitution de la composante la plus pénétrante de cette radiation. On savait que, dans ce rayonnement naturel dont les énergies particulaires sont de l'ordre du milliard d'électron-volts, l'on pouvait distinguer deux composantes principales, dont les propriétés d'absorption par la matière se montraient fort différentes.

La composante dite molle, dont le pouvoir pénétrant n'est pas considérable puisqu'il ne dépasse guère une épaisseur de plomb de 10 cm., apparaissait comme constituée d'électrons et de photons se transformant réciproquement les uns dans les autres par le double mécanisme du freinage électromagnétique des électrons avec production de photons et de l'arrêt des photons par la matière avec production de paires d'électrons négatifs ou positifs, se traduisant expérimentalement par le beau phénomène des gerbes.

L'autre composante était absorbée suivant une loi différente par la matière, en fonction de la première puissance du numéro atomique de l'élément traversé et non de la puissance deux, correspondant à l'absorption du groupe mou. La nature des particules pénétrantes fut difficile à déterminer : leur proportion à peu près égale de rayons chargés positivement et négativement excluait une nature protonique, puisqu'on ne connaît pas le proton négatif; d'ailleurs, des indications simultanées d'énergies et de pouvoir de pénétration excluaient l'hypothèse du proton. A la suite de nombreux travaux expérimentaux, qui furent précisés, grâce à l'observation, à la chambre de WILSON, de quelques clichés remarquables (celui de NEDDERMEYER et ANDERSON notamment), on acquit la conviction qu'il s'agissait de particules dont la masse était comprise entre celle de l'électron et celle du proton, et dont la charge, positive ou négative, avait la valeur de celle de l'électron. La masse de ces particules fut déterminée avec une assez bonne précision soit par des mesures simultanées d'ionisation et de courbure sur une même trajectoire, soit par des mesures de collision élastique entre ces particules et des électrons du gaz de la chambre, et l'on donna, pour sa valeur, 200 à 240 fois la masse au repos de l'électron. De plus l'on put démontrer, par des mesures faites à des altitudes diverses, et même, d'une façon plus directe, en observant les électrons émis par un écran métallique dans lequel les mésotons venaient s'arrêter, que ces particules pouvaient se désintégrer avec une vie moyenne de l'ordre du microseconde : un cliché remarquable, dû à WILLIAMS et ROBERTS, permit d'observer, dans le gaz d'une chambre de WILSON, une fin de trajectoire de méséton donnant naissance à un électron rapide.

La découverte expérimentale de ces mésotons s'effectua d'une façon tout à fait indépendante de l'introduction du méson pour l'explication du champ nucléaire. Il est remarquable de constater la correspondance entre les propriétés découvertes expérimentalement et celles prévues par le calcul : il semble bien que le mésoton expérimental du rayonnement cosmique soit effectivement la particule appelée méson par les théoriciens.

Il peut sembler étrange que le méson expérimental n'ait encore jamais été observé au cours des réactions nucléaires habituelles : c'est parce que sa masse est élevée; la création de cette particule, à l'état réel, exige une quantité d'énergie de 100 millions d'électron-volts, rarement libérée lors d'une transmutation. Le domaine du rayonnement cosmique est beaucoup plus favorable à l'apparition du mésoton réel, les énergies dépassant en général très largement celle de la masse au repos de cette particule.

LA RUPTURE EXPLOSIVE DE L'URANIUM. — Sur le plan expérimental, la plus grande découverte des années qui précédèrent la guerre fut assurément celle de la rupture explosive des noyaux d'uranium sous l'action des neutrons. Il s'agit, en effet, d'une réaction très différente de celles précédemment indiquées; elle présente les caractères suivants :

1° Sous l'action des neutrons, spécialement des neutrons lents, l'uranium se désintègre en donnant deux fragments de masse comparable, et non pas, comme dans les réactions précédemment envisagées, un fragment lourd et un fragment très léger (proton, neutron et hélion);

2° Ces deux fragments sont éjectés avec une énergie cinétique totale de l'ordre de 200 millions d'électron-

volts, ce qui dépasse de loin les énergies habituelles de transmutation;

3° Une émission de plusieurs neutrons (2 à 3) accompagne cette explosion. Ces neutrons seront eux-mêmes capables de provoquer, à leur tour, la désintégration du noyau d'uranium, permettant ainsi d'envisager la possibilité d'une réaction en chaine, analogue à la combustion de la poudre, mais dans laquelle les énergies libérées par atome touché seront plusieurs millions de fois plus grandes.

Ces propriétés ont été établies en 1938 et 1939 à la suite des travaux de HAHN et STRASMANN en Allemagne, puis de JOLIOT, V. HALBAN, KOWARSKI en France, et de FRISCH et MEITNER au Danemark : c'est l'équipe des physiciens français qui montra, en janvier 1939, que l'explosion devait être accompagnée de l'émission de neutrons, remarque d'une très grande importance, qui fut à l'origine des expériences conduisant aux résultats que l'on connaît maintenant. Auparavant, FERMI, puis I. CURIE et SAVITCH avaient étudié l'action des neutrons sur l'uranium, ces derniers avaient trouvé des singularités dans les propriétés des radioéléments formés. En France, des recherches sur la fission de l'uranium ont aussi été effectuées par THIBAUD et MAGNAN, du laboratoire de MAURICE DE BROGLIE. Les travaux qui se poursuivirent depuis le début de la guerre furent poussés très activement aux Etats-Unis grâce à FERMI, BETHE et un grand nombre de physiciens américains et anglais. L'on put montrer les points suivants :

1° C'est l'uranium 235, présent seulement dans la proportion de 0,7 %, qui subit presque exclusivement l'explosion par neutrons;

2° L'uranium 238, qui constitue plus de 99 % de la masse de l'uranium métallique, donne, par bombardement de neutrons d'énergie faible (25 électron-volts), les réactions suivantes :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + \text{électron négatif}$$

(Np est le neptunium),

$$^{239}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + \text{électron négatif}.$$

Le plutonium $^{239}_{94}Pu$, ainsi fabriqué artificiellement, possède les mêmes propriétés explosives que l'uranium 235.

La séparation des isotopes de l'uranium pour l'obtention de l'uranium 235 fut entreprise par différentes méthodes : on peut, en effet, enrichir en ^{235}U l'uranium habituel, en utilisant soit le phénomène de la diffusion thermique, soit celui de l'effusion à travers une paroi poreuse, soit celui de la centrifugation. Ces trois méthodes permettent seulement un enrichissement, d'ailleurs très faible à chaque opération, et il faut un très grand nombre d'opérations successives (plusieurs centaines) pour aboutir à une concentration intéressante en ^{235}U. Une autre méthode, celle de la séparation par champ magnétique, utilisée dans le spectographe de masse, permet de séparer effectivement, de façon à peu près complète, les deux isotopes de l'uranium et d'obtenir ainsi le 235 presque pur. Les Américains ont utilisé, dans ce but, l'électroaimant de 5 m. de diamètre, qui était prévu dès avant la guerre, pour équiper le cyclotron géant de Berkeley.

Il semble que l'uranium 235 ainsi obtenu ait constitué l'élément actif de la première bombe atomique. Si la masse totale d'uranium 235 est inférieure à une certaine valeur, la réaction ne donne pas lieu à une explosion, puisqu'une proportion trop considérable de neutrons s'évapore, le parcours moyen des neutrons étant de plusieurs centimètres de matière. Au delà d'une certaine valeur critique de la masse, le morceau d'uranium 235 explose sous l'action des neutrons, ces derniers pouvant être produits par une source auxiliaire, par exemple. Le schéma très simplifié de la bombe atomique est donc le suivant : deux morceaux d'uranium 235, de masse inférieure à la masse critique, sont placés à une certaine distance l'un de l'autre : au moment opportun, on les précipite rapidement l'un sur l'autre de façon à constituer un bloc dont les dimensions deviennent alors supérieures aux dimensions critiques et l'explosion se produit. Certains détails concernant la bombe atomique ont été publiés dans le rapport officiel américain sous la signature du professeur SMYTH.

LA PILE A PLUTONIUM, SOURCE D'ÉNERGIE. — La réaction permettant d'obtenir le plutonium est extrêmement intéressante, car elle peut se produire avec dégagement d'énergie dans une masse d'uranium métallique ordinaire moyennant certaines conditions favorables :

Si l'on envoie des neutrons dans une masse de plusieurs tonnes d'uranium métallique ordinaire noyé dans un ralentisseur (par exemple un bloc de carbone pur capable de ralentir les neutrons par collision élastique), il se produit, en première approximation, la succession de réactions que voici :

1° Les neutrons rapides incidents sont ralentis par le carbone, et lorsque leur énergie devient celle de l'agitation thermique, ils font exploser avec une probabilité élevée des noyaux d'uranium 235 présents dans la masse en faible proportion, libérant à chaque fois deux à trois neutrons et dégageant une énergie de l'ordre de 200 millions d'électron-volts.

2° Ces neutrons ainsi produits sont, eux aussi, ralentis par le carbone. Lorsque leur énergie passe aux environs de 25 électron-volts, ils peuvent entrer en réaction avec l'uranium 238 et donner ainsi du plutonium. Ceux de ces neutrons qui réussissent à traverser la région spectrale des 25 électron-volts, sans entrer en réaction avec l'uranium 238, sont capables, leur énergie devenant plus faible, d'entrer en réaction avec l'uranium 235 et de le faire exploser. Enfin, un certain nombre de neutrons sont perdus soit par interaction avec les impuretés toujours présentes dans la masse (et qu'il n'est pas possible d'éliminer complètement), ou encore, avec les produits de fission déjà libérés, soit par évaporation, s'échappant de la masse de matière qui n'est pas indéfinie.

L'on a pu, en choisissant convenablement les proportions et les quantités d'uranium métallique et de ralentisseur, obtenir des piles capables de dégager, d'une façon régulière, des énergies considérables : le ralentisseur peut être le carbone, ou l'eau lourde, il doit être, nécessairement, constitué par un élément léger, sinon les neutrons ne seraient pas ralentis par collision élastique; de plus, il ne faut pas qu'il absorbe les neutrons. Les puissances indiquées par le rapport américain étaient de 2.000 kW. pour la première pile, réalisée en 1944. Elles ont été très largement dépassées pour les suivantes; il est vraisemblable qu'une puissance globale de 100.000 kW. est actuellement dépassée.

Signalons un fait très important : le plutonium est obtenu comme sous-produit du fonctionnement de la pile : lorsque la réaction a duré un temps suffisant, on enlève les bâtons d'uranium métallique enrichi en plutonium et l'on sépare ce dernier par des procédés chimiques, en remplaçant les bâtons utilisés par de nouveaux bâtons d'uranium métallique neufs. Il semble que la production de 1 kilo de plutonium par jour s'obtienne avec une pile d'une puissance comprise entre 500.000 et 1.500.000 kW. Ainsi, une seule génératrice d'énergie, de l'ordre du million de kilowatts produirait 1 kilo de plutonium par jour, c'est-à-dire l'ordre de grandeur minimum de la matière active d'une bombe atomique.

Dans les piles réalisées jusqu'à présent, la réaction se réglait par une circulation d'eau qui atteignait une température d'une centaine de degrés. Il y a des difficultés pratiques à recueillir l'énergie de la pile à une température beaucoup plus élevée : il est certain que l'on essaie, actuellement, de résoudre ces difficultés, vu l'intérêt considérable qu'il y a à obtenir de l'énergie à une température aussi élevée que possible.

CONCLUSION

Ainsi qu'on le dit fréquemment, le monde entre dans « l'ère atomique ». Comme on le voit, il s'agit là d'un véritable bouleversement : dans un temps relativement bref, l'industrie de l'énergie et celle des explosifs seront complètement transformées. Mais il faut bien remarquer que nous sommes seulement au début de cette ère: il est probable que la pile à plutonium, qui nous apparaît comme une réalisation si prodigieuse, semblera, dans une centaine d'années, aussi archaïque que la grande pile de VOLTA l'est pour nous. D'ailleurs, il est probable qu'au cours des années à venir, d'autres réactions nucléaires pourront être utilisées; la technique permet de communiquer à des particules des énergies chaque année plus grandes : lorsque l'on parviendra à réaliser des faisceaux corpusculaires d'énergie comparable à celle des rayons cosmiques, on se trouvera, à coup sûr, en présence de réactions nucléaires nouvelles et peut-être plus importantes que celles de l'uranium : l'étude du rayonnement cosmique nous fournit, déjà, quelques cas isolés, mais remarquables, de faits nucléaires très importants.

Il faut aussi remarquer, pour bien voir les ordres de grandeur, que la libération de l'énergie de l'uranium ne fournit qu'une faible fraction de l'énergie d'association des nucléons de ce noyau : si nous admettons la valeur de 8 millions d'électron-volts comme énergie de liaison d'un nucléon (proton ou neutron) dans le noyau d'uranium, ce qui est conforme à l'expérience, on trouve une énergie totale de liaison de 2 milliards d'électron-volts (1), soit environ dix fois la valeur actuellement obtenue, et encore il ne s'agit que de l'énergie de liaison des diverses particules nucléaires et non pas de l'énergie contenue dans le noyau d'uranium au repos et à laquelle la relation d'EINSTEIN, $W = mc^2$, permet d'attribuer la valeur de 200 milliards d'électron-volts.

(1) Cette énergie totale de liaison a été dégagée lors d'une éventuelle formation d'un noyau d'uranium à partir de tous ses nucléons.

ACTES DE LA SOCIÉTÉ

Allocution de M. le Docteur BEAU.

MESSIEURS,

La réunion, cet après-midi, de nos trois Sociétés dans cet amphithéâtre, me paraît revêtir une puissante signification symbolique.

Si nous sommes réunis ici, c'est à cause de l'interdépendance des domaines scientifiques respectifs de nos trois Sociétés.

Déjà, en pleine guerre, grâce à la large compréhension que nous, médecins, avions trouvée auprès de plusieurs membres de la Société française des Electriciens et, en tout premier lieu, de votre Président, nous avions pu réaliser ensemble des œuvres utiles aux uns et aux autres : Laboratoire de contrôle et d'étalonnage de l'appareillage électroradiologique, Commission de contrôle du matériel d'électricité médicale et de radiologie, Commission des installations des appareils radiologiques.

Aujourd'hui, ce que nous voulons, en venant à cette réunion d'étude, vous ingénieurs et nous médecins, c'est élargir nos horizons.

Or, si nous plaçons notre activité sur le plan national, nous comprenons aussi la nécessité d'élargir notre documentation.

Mais il est pratiquement impossible à chacun d'entre nous de lire tout ce qui, dans la presse mondiale, concerne sa spécialité.

Il faut que nos journaux accomplissent pour nous le travail de prospection.

Or, si chaque périodique français doit faire le tri, la lecture, la traduction et le résumé de toutes les publications susceptibles d'intéresser ses lecteurs, la tâche est beaucoup trop vaste et trop coûteuse : nous manquons donc de documentation.

Par bonheur, il est bien rare qu'un article n'intéresse pas, à des points de vue variés, des spécialistes divers et ne doive donc être résumé dans différents journaux. Un auteur décrit-il un nouvel appareil d'électroradiologie médicale, le résumé de son article devra paraître à la fois dans le journal que lisent les constructeurs d'appareils, dans celui des radiologistes, dans celui de médecine générale et dans ceux des diverses spécialités médico-chirurgicales auxquelles l'appareil décrit permettra au radiologiste d'apporter de nouveaux éléments de diagnostic ou de thérapeutique.

Dans ces conditions, ne serait-il pas rationnel qu'un organisme central reçoive la presse scientifique mondiale, la traduise et fasse de chaque article un résumé qui paraîtrait dans les différents journaux intéressés ? La traduction intégrale pourrait même être fournie aux lecteurs sur demande spéciale.

Je crois savoir d'ailleurs que certaines branches de la science ou de l'industrie bénéficient déjà de cette « rationalisation » de la documentation.

Mais elle fait défaut à nos journaux médicaux, ce qui nous met nous-mêmes en état d'infériorité, par rapport à nos confrères étrangers.

Au contraire, si notre presse scientifique était suffisamment documentée sur l'activité mondiale, elle pourrait acquérir un énorme prestige et une énorme clientèle parmi tous ceux qui, à l'étranger, ne croient pas terminée la mission civilisatrice de la France, et parmi quelques autres encore.

Ce double résultat sur le plan intérieur et sur le plan extérieur me paraît présenter un intérêt national suffisamment puissant pour que le financement de cette entreprise soit pris en charge par l'Etat.

Ainsi, avec l'appui des Pouvoirs publics, pourrions-nous travailler ensemble aux avancées de la recherche scientifique pour soigner la santé des nôtres d'abord, et aussi pour rendre à la France sa vocation traditionnelle de semeuse de progrès.

Allocution de M. PILON.

MESSIEURS LES PRÉSIDENTS,

MES CHERS COLLÈGUES,

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur le Pr DIDIÉE et Monsieur le Dr BEAU d'avoir bien voulu organiser cette nouvelle réunion commune de nos trois Sociétés. Ces réunions annuelles ont commencé pendant la guerre; en novembre 1939, elles ont donné lieu à des séances des plus intéressantes sur des sujets qui, chaque fois, tant du côté des médecins électroradiologistes que des électriciens, ont été vivement appréciées.

Malgré toutes les difficultés rencontrées pendant l'occupation, nos Sociétés se sont attachées à poursuivre cette collaboration profitable, et je tiens, au nom de ma Société, à en exprimer toute notre gratitude aux Présidents de la Société de Radiologie et d'Electricité médicale de France, et de la Société d'Electrothérapie et de Radiologie.

Les belles communications présentées par les membres de vos Sociétés ont du reste conduit la Société française des Electriciens à leur attribuer, à diverses reprises, les prix du legs Cheux.

Aujourd'hui que la liberté est revenue, je suis heureux de voir se poursuivre cette collaboration, et la séance d'aujourd'hui vous permettra d'entendre deux belles communications :

Tout d'abord, celle de M. Fessard, Directeur du Laboratoire des Hautes Etudes, sur « les trois conceptions du fonctionnement nerveux central » ;

Ensuite, celle de M. Leprince-Ringuet, Professeur à l'Ecole Polytechnique, sur un sujet particulièrement à l'ordre du jour et touchant de si près à la technique médicale actuelle, « la constitution du noyau des atomes ».

Et peut-être pourrions-nous amplifier encore l'utilité de nos travaux en choisissant, chaque année, un sujet qu'électriciens et médecins étudieraient séparément, puis pourraient ensuite discuter en séance commune. Je livre cette suggestion à Messieurs les Présidents des deux Sociétés médicales que nous avons le plaisir de réunir aujourd'hui. Puisse cette collaboration de six années se poursuivre pour le plus grand profit de notre idéal : l'amélioration de nos connaissances.

ANALYSES

RADIOLOGIE

RAYONS X

GÉNÉRALITÉS

APPAREILS ET TECHNIQUE

P. C. HODGES et **R. H. MORGAN.** — **Le réglage photo-électrique du temps de pose en radiographie.** (*The Am. Journ. of Roentg. and Radiuml.*, vol. L, n° 5, mai 1945, p. 474-482.)

Les progrès qui ont été réalisés dans ce domaine pendant la guerre sont rappelés sur l'utilisation des cellules photo-électriques pour régler le temps de pose en radiographie.

Les A. exposent avec quelques détails leurs essais et les procédés qu'ils ont adoptés. — *P. L.*

F. T. FARMER (Nowcastle). — **Un amplificateur pour courant d'ionisation.** (*The Brit. Journ. of Rad.*, XIX, n° 217, janv. 1946, p. 27-30.)

L'A. présente un appareil de mesure qui peut être utilisé avec une petite chambre et permettant de faire des enregistrements de 1 à 50 r.-minute. Il donne un schéma détaillé du montage. — *P. L.*

J. DEVAUX et **A. GUINIER.** — **Mesure des coefficients d'absorption de rayons X.** (*C. R. Acad. des Sc.*, t. 218, 1944, p. 318.)

Dans l'appareil décrit, les rayons traversent deux chambres d'ionisation entre lesquelles se trouve le corps absorbant. Les deux courants produits sont opposés, et l'on réduit le premier de manière à avoir une résultante nulle (méthode de zéro). Grâce à une amplification, la méthode est extrêmement sensible; mais l'appareil doit être soigneusement étalonné. — *A. D.*

A. GUINIER et **J. DEVAUX.** — **Réalisation et avantages d'un foyer fin dans un tube à rayons X.** (*C. R. Acad. des Sc.*, t. 217, 1943, p. 682.)

Les A. utilisent le montage classique du canon à électrons des tubes cathodiques (lentille électrostatique) pour obtenir un foyer très fin (pratiquement 0,4 × 0,1 mm.). Ce foyer permet des clichés beaucoup plus nets (radiocristallographie) et un rendement très supérieur. — *A. D.*

G. DESTRIAU. — **Rendement énergétique dans la luminescence excitée par les rayons X.** (*C. R. Acad. des Sc.*, t. 217, 1943, p. 571.)

La brillance d'un écran radioscopique varie avec la substance employée et avec la longueur d'onde des rayons X excitateurs. Quand la longueur d'onde croît, le rendement décroît; mais les variations ne sont pas parallèles avec toutes les substances : tel écran peut être d'un rendement supérieur à tel autre pour les courtes longueurs d'onde, et l'inverse se produire pour des rayons plus absorbables. — *A. D.*

A. E. CHESTER et **W. J. MEREDITH** (Manchester). — **Un procédé pour obtenir, à l'aide de filtres, des courbes isodoses planes à une profondeur déterminée.** (*The Brit. Journ. of Rad.*, vol. XVIII, n° 216, déc. 1945, p. 382-385.)

L'A. indique une méthode destinée à faire disparaître la convexité dans le sens de la propagation du faisceau, des courbes isodoses, et à les ramener pratiquement à la forme de surfaces planes. Il a utilisé pour elles des filtres plus épais au centre qu'à la périphérie et constitués par des lames superposées de métal de diamètre décroissant. Ces filtres doivent être placés à l'extrémité distale du localisateur. — *P. L.*

Axel SCHELL. — **Une nouvelle méthode radiographique à l'aide de diaphragmes primaires.** (*The Brit. Journ. of Rad.*, vol. XVIII, n° 216, déc. 1945, p. 398.)

L'A. présente l'appareillage qu'il a imaginé et dont il a donné déjà un exposé. Il consiste en deux grilles parallèles entre lesquelles est placé le sujet. Ces grilles, qui en réalité sont constituées par une sorte de damier, se déplacent simultanément lors de la prise du cliché. Par ce procédé, le rayonnement diffusé est très réduit, comme on peut en juger par les radiographies qui illustrent l'article. — *P. L.*

R. H. MORGAN et **P. C. HODGES** (Chicago). — **Equipement du contrôle automatique d'exposition en photo-radiographie.** (*Radiology*, 45, n° 6, déc. 1945, p. 588.)

Il s'agit d'une étude d'ensemble sur la commande automatique du temps de pose en radiographie à l'aide de cellule photo-électrique, dont la réalisation commerciale est établie pour les appareils de photo-radiographie, mais qui, dans les années qui viennent, doit s'étendre à toute la radiographie. — *P. L.*

PHYSIOBIOLOGIE

B. FELDMAN-MUHSAM et **L. HALBERSTAEDTERR** (Jérusalem). — **L'effet des rayons X sur *Leishmania tropica* « in vitro ».** (*The Brit. Journ. of Rad.*, vol. XIX, n° 217, janv. 1946, p. 41-43.)

Les A. ont travaillé pratiquement avec la vraie K du Cu à l'aide d'un tube démontable 35 Kv., 18 mA., débitant 41.000 r.-m. à la distance expérimentale. Après avoir rappelé que le parasite se trouvait sous deux formes : *a)* sous la forme de corpuscules *Leishmania Donovani* obtenu par ponction de la rate de l'hamster (sorte de rongeur); *b)* sous la forme de flagellés en milieu de culture approprié, ils ont constaté que l'irradiation *in vitro* exigeait, pour les flagellés : 1.250.000 r. pour produire la mort immédiate; 150.000 r. pour empêcher toute prolifération de la culture, et 50.000 r. pour empêcher toute infection de l'hamster. Pour les corps de L. D., il faut 125.000 r. pour arrêter toute prolifération et 65.000 r. pour rendre le milieu inefficace sur le même animal.

Etant donné que la radiothérapie est, en général, efficace à petites doses sur le patient infecté, les A. tirent la conclusion que l'action des rayons X n'est pas une action directe sur le parasite. — *P. L.*

W. LUTHER (Stuttgart). — **Le facteur temps dans l'action biologique des rayons sur la cornée des larves de salamandre.** (*Strahlentherapie*, t. 74, fasc. 1, nov. 1943, p. 153-168.)

Les expériences faites ont montré que l'action du rayonnement sur la courbe des mitoses, dans la cornée des larves de salamandre, est la même lorsqu'on applique deux fois une dose de 150 r., que la seconde application ait lieu dans l'intervalle libre de mitoses, ou au contraire pendant le maximum de mitoses consécutif à la première irradiation. Ces résultats justifient les conclusions de recherches antérieures de l'auteur. — *R. L.-L.*

R. ROTH (Francfort-sur-le-Mein). — **Sur la culture du *Paramecium caudatum*, l'incinération des cultures et la modification présentée par les images d'incinération après action des rayons de Rœntgen.** (*Strahlentherapie*, t. 74, fasc. 1, p. 169-181, 10 fig.)

Les organismes unicellulaires constituent, du fait de la simplicité relative des facteurs pouvant entrer en ligne de compte, des test-objets particulièrement intéressants et précieux pour la recherche expérimentale. Malheureusement, des difficultés très grandes résultent, pour l'expérimentation, du fait des doses énormes de rayonnement nécessaires pour obtenir une action directement décelable sur ces organismes tels que microbes et infusoires. On s'en fera une idée en constatant qu'il a fallu à l'auteur des doses de plus de 260.000 r. pour amener la mort de 95 % des paramécies placées dans un verre de montre en quartz et irradiés avec un appareillage à radiothérapie de contact de Chaoul (durée de l'irradiation: 212 minutes). Mais l'on a pu constater que si l'on plaçait ces organismes dans des milieux nuisibles pour eux, il devenait facile de se rendre compte des effets produits par des irradiations même relativement faibles d'après le comportement des individus ayant subi, du fait des rayons, une première atteinte.

Pour se rendre compte de certaines des particularités de cette atteinte, en ce qui concerne, par exemple, la répartition des sels minéraux à l'intérieur des cellules, l'incinération (pratiquée avec les précautions voulues) constitue une excellente méthode que l'A. de cet intéressant travail appliquait, pour la première fois, semble-t-il, à des protozoaires.

Ses expériences lui paraissent permettre de conclure à une diminution de la quantité totale des sels après 160.000 r., les paramécies étant ensuite tuées par dessiccation, puis incinérées. — *R. L.-L.*

R. LATARJET. — **Action du froid sur la réparation des radiolésions chez une levure et chez une bactérie.** (*C. R. Acad. des Sc.*, t. 217, 1943, p. 186.)

La radiolésion primaire inapparente, photochimique, est insensible à la température; mais les processus chimiques qu'elle déclenche et qui aboutissent à la lésion définitive sont ralentis ou arrêtés par le froid. Si l'action de celui-ci se prolonge, la chaîne des réactions peut être définitivement interrompue (œufs d'ascaris, levures) ou seulement suspendue (bactéries). Dans le premier cas, il peut y avoir suppression des conséquences de l'irradiation. — *A. D.*

A. RAYNAUD et **M. FRILLEY.** — **Technique d'irradiation localisée d'embryons de souris dans l'utérus au moyen de rayons X.** (*C. R. Acad. des Sc.*, t. 217, 1943, p. 54.)

Les A. utilisent un canalisateur cylindrique de laiton nickelé terminé par un étroit localisateur et obtiennent un faisceau de 0,5 à 3 mm. de diamètre. Les rayons employés, dans un but de tératogénèse, sont produits dans un tube démontable à anticathode de molybdène sous 33,5 kv. avec des intensités de 30 à 50 mA. Longueur d'onde efficace : 0,95 A; doses : 5.000 à 40.000 en 1 à 3 minutes. — *A. D.*

Charles AUBERTIN (Paris). — **Agranulocytose chronique chez un radiologiste.** (*Presse méd.*, n° 48, 1er déc. 1945.)

Observation d'un confrère de 62 ans qui pratiqua la radiologie depuis 1908. Pendant la guerre de 1914, mobilisé comme radiologiste, a fait de la radioscopie d'une façon intensive avec des moyens de protection très insuffisants. Depuis de longues années, pratiqua la radioscopie, la radiographie, la radiothérapie et la radiumthérapie. En 1940, a quitté Paris, emportant sur lui une certaine quantité de radium. Depuis les derniers mois de 1942, est particulièrement asthénique. L'asthénie augmente en 1943. Mort, en quelques jours, de pneumonie.

De nombreux examens de sang ont été faits et des transfusions sanguines pratiquées.

C'est le premier cas d'agranulocytose observé chez un radiologiste, « agranulocytose pour laquelle aucune autre étiologie que la profession du malade ne peut être invoquée. Cette agranulocytose présente une particularité assez spéciale : une évolution prolongée ». — *L.*

W. M. LEVITT. — **De la responsabilité en cas d'accidents survenus dans les services de radiologie.** (*The Brit. Journ. of Rad.*, vol. XIX, n° 218, fév. 1946.)

L'A. envisage la responsabilité respective des administrations hospitalières, des médecins radiologistes, et des manipulateurs en face des accidents survenus chez les malades ou le personnel médical : les mesures de protection imposées par la loi et l'extension de la responsabilité aux fabricants d'appareils. — *P. B.*

RADIODIAGNOSTIC

Th. ALAJOUANINE et **R. THUREL** (Paris). — **Arachnoïdite opto-chiasmatique avec distension du lac basilaire et agrandissement de la selle turcique.** (*Rev. neurol.*, n° 11-12, nov. 1944.)

Cette observation montre qu'aux causes habituelles de destructions turciques, tumeur hypophysaire et de la région, hypertension intra-cranienne, distension hydrocéphalique du 3e ventricule, il convient d'ajouter la dilatation diverticulaire anté-hypophysaire du lac basilaire, où la dilatation turcique rappelle celle des adénomes.

Tandis que la ventriculographie explique les destructions par dilatation du 3e ventricule, elle est muette dans les cas semblables à celui-ci et c'est à l'encéphalographie qu'il faut avoir recours; elle montrera une couche d'air plus ou moins importante au-dessus de la région turcique. — *L. S.*

L. CHRISTOPHE (Liége). — **Les faux méningiomes de la petite aile du sphénoïde.** (*Rev. neurol.*, n° 11-12, nov.-déc. 1944, 4 fig.)

Observation d'une femme de 44 ans présentant des signes cliniques et ophtalmologiques rappelant ceux d'un méningiome de la petite aile du sphénoïde sur les radiographies condensations de la petite aile.

L'intervention montre qu'il s'agissait en fait d'un anévrysme de la carotide interne ou d'une de ses branches. La similitude des signes cliniques de ces deux affections a déjà été signalée par les A. américains.

L'origine des condensations de la petite aile du sphénoïde doit donc toujours être discutée entre syphilis, métastase, ostéome, orbite ethmoïdal méningéome, anévrysme; en cas de doute, une artériographie s'impose. — *L. S.*

René FONTAINE et Pierre PILLA (Strasbourg). — **Fracture du col du radius à grand déplacement; reposition sanglante; excellent résultat.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, p. 161-163, 3 fig.)

Femme de 26 ans fait une chute sur l'avant-bras droit.

La radiographie, faite aussitôt après l'accident, montre une fracture du col du radius avec luxation importante de la tête en avant.

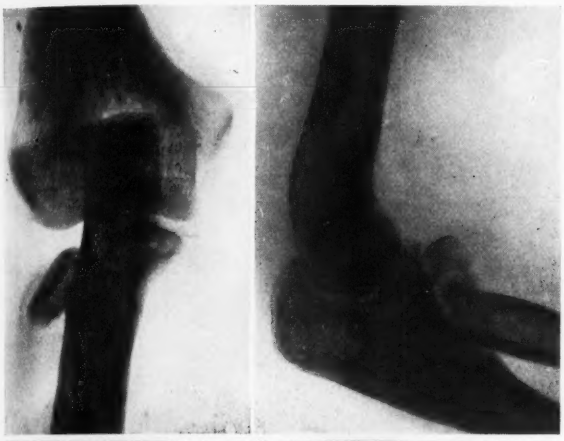


Fig. 1 *a* et *b*. — Radiographies du coude droit (face n° 1 *a*, et profil n° 1 *b*) faites le 4 juillet 1943, jour de l'accident.

Fig. 2 *a* et *b*. — Radiographies du coude droit faites le 18 février 1944, soit sept mois après l'opération. Elles montrent (de face n° 2 *a*, et de profil n° 2 *b*) une excellente réduction.

La reposition sanglante est faite le lendemain sous anesthésie générale.

Une radiographie, faite le lendemain de l'opération, confirme la perfection de la réduction. — *L.*

Th. ALAJOUANINE et R. THUREL (Paris). — **L'exploration du lac basilaire par la pnneumo-encéphalographie, notamment dans les arachnoïdites opto-chismatiques.** (*Rev. neurol.*, n° 11-12, nov.-déc. 1944.)

La technique radiographique est la suivante : cliché de la tête de profil en décubitus dorsal, la tête étant renversée en arrière. Dans cette position, l'air ventriculaire remplit les cornes frontales et la partie antérieure du 5e ventricule, tandis que l'air sous-arachnoïdien s'amorce au-dessus de la ligne turcique.

Cette exploration permet de rattacher à la distension du lac chiasmatique la production de symptômes pouvant en imposer pour une tumeur hypophysaire ou du chiasma.

La présence d'une importante couche d'air au-dessus de la selle turcique permet de conclure non seulement que le lac chiasmatique est libre de toute compression, mais encore est dilaté et bloqué dans sa partie antérieure.

S'il y a beaucoup d'air en arrière de l'apophyse basilaire et de la lame quadrilatère, et pas du tout au-dessus de la selle, on peut conclure que le lac chiasmatique est bloqué soit par une tumeur de l'hypophyse ou une tumeur du chiasma, soit par une arachnoïdite opoto-chiasmatique a forme symphysaire. — *L. S.*

J. ARENDT (Chicago). — **Raréfaction osseuse secondaire aux traumatismes craniens.** (*Radiology*, 45, n° 6, déc. 1945, p. 608.)

Les traumatismes craniens, avec ou sans fracture, peuvent entraîner, dans les années qui suivent, des plages de raréfaction osseuse. Ces dernières s'étendent lentement et ne s'accompagnent d'aucun symptôme, d'où leur méconnaissance habituelle. Des troubles vasculaires sont vraisemblablement à leur origine. On peut se demander si les variations d'épaisseur fréquemment observées sur les pariétaux ne sont pas dues à un mécanisme semblable créé par un traumatisme obstétrical. — *P. B.*

E. SORREL, Mme SORREL-DÉJERINE, R. HUGUENIN et M. LÉGER (Paris). — **Deux cas de tumeurs à myéloplaxes du rachis et une erreur de diagnostic instructive.** (*Sem. des Hôp.*, 28 janv. 1946.)

Les A. rapportent deux cas de tumeurs à myéloplaxes des corps vertébraux, de diagnostic difficile. Dans un cas, le diagnostic a été posé par une biopsie faite sur l'apophyse épineuse et les lames de DVI.

Dans le deuxième cas, le diagnostic a été posé par élimination et sur la vue de l'image radiographique.

Dans un troisième cas, la lésion atteignait la 5e cervicale. La présence d'une lésion osseuse du tibia, qui biopsiée donna l'impression d'une ostéite fibreuse, conduisit, par analogie, les A. à penser que la lésion du rachis était une tumeur à myéloplaxes. Elle fut traitée comme telle sans résultat, et on finit par poser le diagnostic de tuberculose.

Les A. attirent l'attention sur la difficulté de ces diagnostics et aussi sur l'erreur que l'on commet en considérant comme résultant de la même maladie des productions qui, en réalité, peuvent être de nature très différente, bien que développées sur le même sujet.

Les ostéites kystiques de la colonne vertébrale sont rares et leur diagnostic radiographique est d'autant plus difficile que l'examen est fait à une période avancée de l'évolution : l'effondrement des vertèbres trouble l'aspect et on ne saurait être trop prudent dans l'interprétation des images. — *J. B.*

Albert MOUCHET (Paris). — **Exostose du scaphoïde tarsien.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 37, n° 3-4, 1945, p. 152-153, 1 fig.)

Enfant de 9 ans présentant de la difficulté à la marche, douleurs au pied droit qui prend une attitude vicieuse.

La radiographie comparative des deux pieds montre, sur la face dorsale du scaphoïde tarsien droit, une épine osseuse large de 5 mm. dont la pointe est dirigée du côté des orteils.

Ablation. Guérison. — *L.*

P. FENTELAIS (Le Mans). — **Ostéite avec bursite à grains riziformes.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, p. 157 à 160, 2 fig.)

Mai 1941. Les lésions d'ostéite sont plus nettes; elles remontent assez haut sur la diaphyse du cubitus, et se voient aussi sur l'extrémité inférieure du radius.

Observation intéressante du fait qu'elle a été suivie jusqu'à guérison complète et qu'on a pu étudier l'évolution très lente de cette affection.

Homme de 33 ans qui consulte en 1939 pour des douleurs du poignet droit dont il souffre depuis douze ans.

La radiographie montre que le cubitus est un peu atrophié dans son tiers inférieur, l'extrémité inférieure est très irrégulière; la styloïde, très allongée, est déformée et présente des signes d'ostéite.

Résection de la styloïde cubitale.

Avant la troisième intervention, en 1941, la radiographie révèle des lésions d'ostéite de l'extrémité inférieure des deux os, au niveau de l'articulation radio-cubitale inférieure.

Résection de l'extrémité inférieure du cubitus sur une étendue de 4 cm. 1/2. Appareil plâtré.

Fin mai 1945, la guérison se maintient. — *L.*

C. LEPOUTRE (Lille). — **Sur le syndrome ischémique de Volkmann.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, p. 127, 1 fig.)

Femme de 38 ans, tombée de tramway sur le coude gauche; vue quatorze heures après le traumatisme.

Radiographie : intégrité de l'extrémité inférieure de l'humérus et de l'extrémité supérieure du radius. Au contraire, on constate une fracture de la base de l'olécrane avec un déplacement peu accusé.

Les battements de l'humérale sont perçus au bras, mais on ne les perçoit pas au pli du coude. Au poignet, on ne perçoit les battements ni de la radiale, ni de la cubitale.

Troubles de la sensibilité et troubles trophiques. La malade est opérée.

A propos de cette observation, l'A. signale l'âge de la malade (38 ans). La très grande majorité du Volkmann est observée dans l'enfance ou dans l'adolescence. L. met ensuite en relief quelques points qui paraissent particulièrement instructifs. — *L.*

P. SOURDAT (Amiens). — **Réparation d'un mal de Pott obtenue par traitement orthopédique classique.** (*Revue d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, p. 154, 2 fig.)

Enfant de 8 ans qui, en 1938, présentait déjà une lésion importante.

Les radiographies face et profil montraient un écrasement de deux corps vertébraux lombaires, réduits en épaisseur, effaçant l'espace intermédiaire et formant un bloc unique, cunéiforme, à base postérieure.

Traitement orthopédique classique.

En 1944, les clichés montrent une réparation exceptionnelle des lésions osseuses.

Le bloc trapézoïdal, formé par les deux corps vertébraux tassés et soudés, a pris de la hauteur. Sur l'image de profil, le bloc dessine un rectangle, plus haut que large, dont les facettes horizontales, par l'intermédiaire des disques normaux, s'articulent, en parfait équilibre, avec les vertèbres adjacentes. — *L.*

Félix MASSELOT et **ARRIGHI** (Paris). — **Maladie de Lobstein hérédo-syphilis et rachitisme.** (*Presse méd.*, n° 47, 24 nov. 1945, p. 639, 4 fig.)

Malade de 50 ans présentant des déformations des membres inférieurs du type hérédo-syphilitique et un thorax en carène d'aspect rachitique.

Maladie de Lobstein.

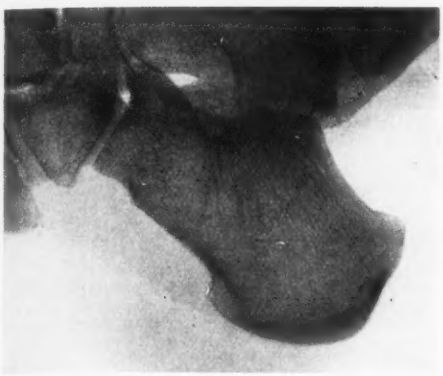
Les tibias sont incurvés en lame de cimeterre à convexité antérieure assez régulière. Les cuisses sont également déformées et raccourcies. Le reste du sque-

lette est normal à l'exception du sternum fortement angulé en avant à l'union du manubrium et du corps de l'os. — *L.*

P. MOIROUD (Marseille). — **Considérations sur le traitement sanglant des fractures du col chirurgical de l'humérus avec déplacement du fragment diaphysaire.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, 3 fig.)

Six observations avec radiographie avant l'intervention et radiographie de contrôle après la réduction. — *L.*

M. R. BOPPE (Paris). — **Douleurs et lésions irritatives liées aux variations de forme de la tubérosité**

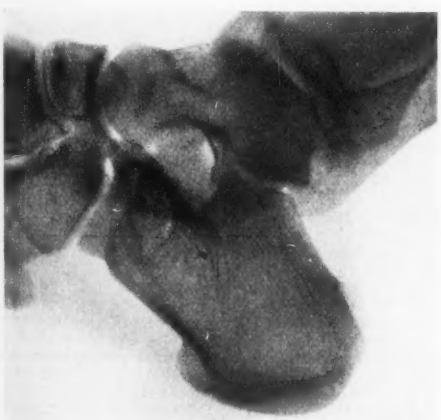


Radio d'un calcanéum haut.
Saillie de l'angle postéro-supérieur.

postérieure du calcanéum (syndrome de Haglund). (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, 1945, p. 141-148, 6 fig.).

B. étudie les variations morphologiques de la tubérosité postérieure du calcanéum.

Sur la radio de profil, la grosse tubérosité paraît



Même cas après abrasion chirurgicale de l'angle.

plus haute que normalement, d'où le nom de *calcanéum haut*. Quant à l'angle postéro-supérieur, il forme une apophyse plus ou moins pointue, d'où le nom de calcanéum pointu.

Une autre variété, beaucoup plus rare, caractérisée par l'exagération de la convexité, constitue le calcanéum *bossu ou bas*. — *L.*

E. CHARPY (Toulouse). — **La radiographie de profil de la hanche saine et pathologique chez l'adulte.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, mai-août 1945, p. 120-126, 39 fig.)

L'étude de la hanche de profil au cours des affections coxo-fémorales est indispensable.

L'A. étudie d'abord le profil de la hanche saine.

Il passe ensuite aux hanches pathologiques. Dans les lésions traumatiques, la hanche fracturée doit être radiographiée de face et de profil. Alors que le cliché de face peut faire croire à une fracture sans déplacement, un cliché de profil montre une angulation antérieure très appréciable qui, non réduite, entraîne la pseudarthrose.

L'A. passe ensuite en revue les lésions congénitales acquises non traumatiques. Cette étude est accompagnée de nombreuses figures explicatives que nous ne pouvons reproduire; aussi en conseillons-nous la lecture dans le texte. — *L.*

Pierre MARIQUE (Bruxelles). — **L'examen radiographique du pied bot.** (*Presse méd.*, n° 47, 24 nov. 1945, p. 633, 4 fig.)

Voici la technique de l'A. L'enfant est couché sur le dos. L'avant-pied ne repose pas sur le film.

Le rayon normal est centré sur les malléoles.

Pour pouvoir comparer les clichés entre eux, le pied est, dans tous les cas, fixé en position de flexion dorsale maximum.

Il faut radiographier une longueur suffisante de la jambe pour pouvoir tracer avec certitude l'axe du tibia.

L'A. conclut : « La radiographie de profil du cou-de-pied démontre la subluxation du pied sur la jambe dans tous les cas de pieds bots neufs. Cette subluxation varie en importance suivant les cas. Le cliché radiographique constitue donc l'élément majeur du pronostic.

« L'examen radiographique ainsi standardisé constitue le guide et le contrôle indispensables d'un traitement consciencieux. » — *L.*

Roger GARIÉPY (Canada). — **Sémiologie des syndromes douloureux lombo-sacrés.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, 8 fig.)

Quand on est en présence d'une compression radiculaire, il faut pratiquer l'examen du liquide C.-R., puis injecter une substance opaque aux rayons X. Technique : le patient est placé en décubitus ventral; injection de quelques gouttes de pantopaque dont on suit les mouvements à l'écran en faisant jouer la table basculante. Puis on injecte environ 6 cc. de liquide opaque dont la marche est suivie sous l'écran en notant la présence d'un blocage partiel ou complet. La radiographie est faite sur deux plans, le sujet étant en position presque verticale pour permettre au liquide injecté d'épouser la forme du cul-de-sac rachidien. La colonne opaque présente, vue de face, des paires de saillies ou édentations qui correspondent au point d'émergence des racines nerveuses. Le disque luxé produira souvent une encoche plus ou moins profonde au niveau de ces saillies.

Radiographie simple du rachis : on centre sur la 5e lombaire. Les deux positions face et profil suffisent dans la majorité des cas. La position oblique est nécessaire quand on veut étudier spécialement les articulations apophysaires. — *L.*

J. GUILLAUME et **G. MAZARS** (Paris). — **Lésions vertébrales dans un cas de tumeur pré-médullaire.** (*Rev. neurol.*, n° 1-2, janv.-fév. 1945.)

Observation des lésions vertébrales étendues : décalcification diffuse de plusieurs corps vertébraux qui sont soudés en un bloc unique avec disjonction des disques et en imposent pour une affection vertébrale primitive. En fait, comme l'intervention l'a montré, il s'agissait d'un neurinome kystique.

Les A. ont déjà observé deux cas semblables. Ces lésions vertébrales, en rapport avec des tumeurs intradurales, ne doivent pas être méconnues, car elles

éloignent de toute thérapeutique active comme ce fut le cas pendant plusieurs années pour ce malade. Un lipiodol rachidien lèvera les doutes. — *L. Stuhl.*

P. C. SWENSON et **G. TEPLICK** (Philadelphie). — **Un cas inhabituel de sarcome d'Ewing.** (*Radiology*, 45, n° 6, déc. 1945, p. 594.)

Fillette de 2 ans chez laquelle, en deux mois, la totalité du squelette a été envahie. Aux lésions osseuses habituelles s'est ajoutée une calcification des artères des extrémités, ce qui constitue l'élément particulier de cette observation. — *P. B.*

H. P. DOUB. — **Nécrose aseptique des épiphyses et des os courts.** (*The Journ. of the Amer. Ass.*, vol. 127, 10 fév. 1945, p. 311-317.)

L'A. préfère ce nom à celui de nécrose subchondrale d'épiphysite ou d'ostéochondrite, et il en fait une étude clinique assez complète en rapportant plusieurs cas pour souligner l'intérêt de la radiographie non seulement dans le diagnostic, mais encore dans la surveillance de l'évolution et dans la vérification de la guérison. — *P. L.*

MARQUEZY, Ch. BACH et **Mme Ch. BACH** (Paris). — **Ostéomalacie infantile.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, 1944, n° 25-40, p. 360-363.)

Chez un enfant de 33 mois, apparaissent des déformations des membres, qui s'accentuent rapidement et touchent tout le squelette (genu valgum, pied valgus, incurvation de la jambe, incurvation de la partie inférieure du radius et du cubitus, thorax aplati latéralement, sternum saillant en avant, chapelet costal, clavicules incurvées, crâne volumineux, bosses frontales et pariétales proéminentes, fontanelle fermée). Il y a une hypotomie et une atrophie musculaire généralisées.

Cliniquement, on croit à des déformations rachitiques sévères. Mais la radiologie modifie ce diagnostic: on retrouve bien les déformations, soit par incurvations, soit par fractures, mais, ce qui domine, c'est la *décalcification intense* atteignant tout le squelette dont l'opacité, en certains points, n'est pas plus marquée que celle des tissus. L'os a une structure, tantôt grenue, tantôt aréolaire à larges mailles. Il n'y a pas de signes de rachitisme : les épiphyses ne sont pas élargies, la ligne dia-épiphysaire est à peu près rectiligne. Ni cupule, ni frange de la ligne d'ossification. Il existe en outre des fractures multiples, soit fractures vraies, avec déplacement des fragments, sans réaction périostée ni cal, soit pseudo-fractures, type Looser-Milkman, simple ligne de réabsorption osseuse. La calcémie est normale. La phosphorémie est très abaissée (30 mmgr.). On institue un traitement par doses répétées de vitamines D (40.000 u. par jour pendant cinq mois). Très rapidement amélioration fonctionnelle. Disparition des douleurs. Marche possible dès le troisième mois. Guérison radiologique.

La netteté de la décalcification atteignant tout le squelette, aussi bien les diaphyses que les épiphyses, la violence des douleurs et l'intensité des déformations imposèrent donc, au lieu du diagnostic de rachitisme, celui d'ostéomalacie.

L'observation est intéressante à cause de l'extrême rareté de l'ostéomalacie infantile, à cause de l'absence de tout facteur étiologique (aucune carence), à cause de l'heureux résultat thérapeutique (guérison par la vitamine D à hautes doses) que l'on suit par des radiographies faites tous les quinze jours (la décalcification disparaît, les cals se forment, réaction périostée, etc...), mais surtout parce que, environ un mois après le début du traitement, on voit peu à peu se constituer *des signes de rachitisme typique* : élargissement des métaphyses creusées en cupules, irrégularité de la ligne dia-épiphysaire. Par contre, à la fin du traitement, ces signes radiologiques de rachitisme ont disparu.

D'où la question qui se pose des *rapports de l'ostéomalacie et du rachitisme*. Certains ont considéré l'ostéomalacie comme le rachitisme de l'adulte. D'autres ont rapporté des cas d'ostéomalacie chez la mère, de rachitisme chez l'enfant. En fait, dans le rachitisme dystrophique grave, la plupart des symptômes d'ostéomalacie peuvent se manifester : déformations osseuses, décalcification diffuse, fractures multiples et même douleurs osseuses. Il y a également hypophosphorémie et la vitamine D est efficace dans les deux cas. Seules les modifications épiphysaires existent dans le rachitisme et sont absentes dans l'ostéomalacie. Mais, là encore, il y a des faits de passage.

Il semble donc que l'on soit autorisé à rapprocher étroitement rachitisme et ostéomalacie. Il s'agissait d'un processus de même nature, beaucoup plus intense dans l'ostéomalacie, où l'organisme, sidéré, ne pourrait réagir par une prolifération du cartilage épiphysaire. Il n'en reste pas moins difficile d'expliquer la rareté extrême de l'ostéomalacie à l'âge où le rachitisme est fréquent.

Un dernier point est l'existence, à côté de fractures vraies, d'un syndrome de Looser-Milkman, déjà observé dans l'ostéomalacie de l'adulte. Mais ces pseudo-fractures peuvent se voir aussi dans le rachitisme, surtout tardif, et même dans la syphilis congénitale. C'est donc un syndrome radiologique non autonome. — *G. M.*

R. CLÉMENT, A. COMBES-HAMELLE, R. BOURDON et **S. GODLEWSKI** (Paris). — **Images de géodes métaphysaires curables au cours de rachitismes sévères polycarencés.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, 1944, n° 25 à 40, p. 330-331.)

Chez deux enfants de trois ans et de cinq ans et demi, polycarencés, les A. ont observé, à côté des stigmates radiologiques de grand rachitisme, des géodes claires, de contours irréguliers, au niveau de toutes les métaphyses des os longs. Ces images, peu nettes sur les premiers clichés où les os sont très décalcifiés, deviennent plus apparentes à mesure que la recalcification se fait sous l'influence de vitamine D2. Les cavités semblent alors cerclées comme par un coup de crayon. Tout se passe comme si une forte précipitation de Ca se faisait à la périphérie d'une zone momentanément inapte à fixer le Ca. Par la suite, les géodes se réduisent et disparaissent en quelques mois.

Les images les plus voisines paraissent être les décalcifications en « aires » signalées dans les observations d'ostéopathies de famine signalées par les Autrichiens et les Allemands à la fin de la guerre 1914-1918. Il est curieux de constater que les premiers cas, signalés par Looser et Simon, furent publiés comme rachitismes tardifs.

Les ostéopathies de famine prennent-elles, chez le sujet jeune, un aspect rachitiforme? N'y a-t-il, entre les ostéopathies de famine, l'ostéomalacie et le rachitisme, qu'une question d'âge et de degré ? — *G. M.*

M. FORTIER (Canada). — **Lésions infectieuses vertébrales lombo-sacrées.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, 13 fig.)

Spondylose rhizomélique : au point de vue radiographique, au début de la maladie, les lésions des sacro-iliaques apparaissent seules. Au dernier stade de la maladie, les signes caractéristiques sont : une décalcification des corps vertébraux et une calcification des ligaments intervertébraux. Les clichés de face montrent trois bandes ou colonnes verticales d'hyperostose ou de calcification : une médiane formée par les épineuses et les ligaments interépineux calcifiés, et deux latérales sur la ligne des apophyses articulaires.

Dans l'ostéomyélite vertébrale lombaire ou lombo-sacrée, la radiographie n'est guère utile au diagnostic, à cause de l'apparition tardive des premiers signes.

Spondylite syphilitique : les radiographies montrent habituellement une gomme centrale du corps vertébral entourée d'une coque de condensation, d'hyperostose.

Mal de Pott lombo-sacré : déformation du corps vertébral en coin. — *L.*

Roger GARIÉPY (Canada). — **Les traumatismes du rachis lombo-sacré.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, 4 fig.)

Revue des lésions traumatiques du rachis lombo-sacré où la radiographie est souvent indispensable pour faire le diagnostic. — *L.*

M. FORTIER (Canada). — **Affection de la sacro-iliaque.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, 1945, 5 fig.)

La fracture de la sacro-iliaque est très rare; elle se rencontre au cours d'une fracture soit de l'aile iliaque, soit du sacrum.

Dans l'ostéo-arthrite tuberculeuse de la sacro-iliaque, la radiographie, au début, peut ne montrer que des signes incertains, mais très en faveur d'une sacro-coxalgie s'ils sont présents, tels sont le diastasis et le décrochement pubien. A un stade plus avancé, on constate une décalcification, des géodes et des séquestres. — *L.*

Louis LÉTIENNE (Canada). — **Syndrome lombo-sacré par tumeurs vertébrales, maladies osseuses généralisées à manifestations vertébrales et ostéoporose d'origine endocrinienne.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, 1945, 2 fig.)

Les tumeurs vertébrales. Etude d'un cancer métastatique secondaire à une tumeur du sein. Destruction partielle des trois dernières vertèbres lombaires, plus marquée de la 5e lombaire. Elargissement apparent des corps vertébraux qui présentent un contour irrégulier. Les espaces intervertébraux sont conservés.

Le cancer secondaire prostatique est une forme ostéoplastique. Aspect radiologique de vertèbres « en galette ». Les disques sont intacts, malgré un tassement vertébral plus ou moins accentué. La vertèbre d'ivoire est aussi une forme typique de métastase rachidienne : le corps vertébral conserve ses contours, mais il ressort en blanc sur le négatif.

Les signes radiologiques de cancer rachidien devront, dans tous les cas, nous inciter à rechercher ailleurs le foyer primitif du néoplasme.

Maladies osseuses généralisées à manifestations vertébrales. La maladie de Recklinghausen et la maladie de Paget sont les principales affections de ce groupe.

Dans la maladie de Recklinghausen, la radiographie apportera un appoint précieux au diagnostic. Au début, on notera sur certains os une décalcification diffuse avec présence de géodes et de kystes. A la période d'état, des modifications squelettiques très importantes, des fractures spontanées, des troubles viscéraux en compléteront le diagnostic.

Dans la maladie de Paget, les sujets se plaignent, au début, de douleurs lombaires. Cependant, à ce stade, on pourra déjà constater des déformations du tibia, du fémur, du crâne et du segment dorsal supérieur. — *L.*

I. Ed. SAMSON (Canada). — **Arthrite chronique apophysaire.** (*L'Union méd. du Canada*, t. 74, n° 8, août 1945, p. 1117, 10 fig.)

Obs. I. — Femme de 39 ans consulte pour douleurs lombaires avec sciatique droite.

La radiographie montre : irrégularité des articulations apophysaires lombo-sacrées. Lésions importantes d'arthrite chronique des sacro-iliaques.

Obs. II. — Homme de 36 ans, Dix auparavant, traumatisme de la région lombo-sacrée. Pas de sciatique, ni de signes neurologiques.

La radiographie décèle en plus des lésions d'arthrite chronique apophysaire, la présence d'une pseudarthrose de l'articulation apopyhsaire gauche supérieure de la 5e lombaire, signe d'ancienne fracture ignorée.

Obs. III. — Femme de 50 ans. Lombalgie rebelle depuis quatre ans.

La radiographie indique une décalcification diffuse du rachis lombaire avec irrégularité des articulations apophysaires lombo-sacrées. Le diagnostic d'arthrite chronique apophysaire s'impose. — *L.*

Alain MOUCHET et **BUTET** (Paris). — **A propos du « sacrum basculé » ou « sacrum horizontal ». Cause souvent méconnue d'algies lombo-sacrées.** (*Rev. d'Orth. et de Chir. de l'App. mot.*, t. 31, n° 3-4, mai-août 1945, p. 105-119, 11 fig.)

Les A. publient cinq observations.

C'est à la radiographie et avant tout aux clichés de profil qu'on doit demander d'affirmer le diagnostic de « sacrum basculé ».

L'étude des clichés de profil permet de vérifier si le sacrum a basculé seul ou s'il y a eu en même temps bascule du bassin. Dans ce dernier cas, « l'angle *sacro-pubien*, obtenu par la rencontre de l'axe médian passant par les trois premières pièces sacrées, et d'une ligne tangentielle au bec antérieur du sacrum coupant la tête fémorale ou le cotyle en deux parties égales, angle ouvert en bas et en arrière, est de 55 à 60° ».

Si le sacrum a basculé sans entraîner l'anneau pelvien, cet angle se rapproche de l'angle droit.

Sur les clichés de face, la base du sacrum se présente plus ou moins de face suivant le degré de la bascule (image en chapeau de gendarme renversé). — *L.*

APPAREIL CIRCULATOIRE

Y. BOUVRAIN, J. COMBET et **A. BALAND** (Paris). — **Ruptures multiples de l'aorte et anévrysmes disséquants.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 1-2, 1945, p. 6, 3 fig.)

Malade de 69 ans qui rentre à l'hôpital pour violente polypnée avec sensation d'oppression thoracique.

La radiographie révèle un très gros cœur atteignant à gauche la paroi thoracique. Hémicercle aortique très saillant, l'aorte élargie refoule la trachée à droite, la descendante volumineuse déborde largement dans le champ pulmonaire gauche.

Mort 48 heures après l'entrée à l'hôpital. A l'autopsie, hémo-péricarde important. Après avoir ouvert l'aorte, on découvre trois ruptures de la paroi et deux anévrysmes disséquants distincts ne communiquant pas l'un avec l'autre. — *L.*

E. DONZELOT et **R. HEIM DE BALSAC** (Paris). — **Influence des facteurs respiratoires sur l'amplitude des battements cardiaques (étude radiokymographique sur un sujet normal).**

On pratique chez le même sujet sain, deux radiokymographies successives : l'une en inspiration, l'autre en expiration, sans déplacement du sujet. Voici ce que l'on observe :

Lors de l'inspiration, la silhouette cardiaque se dégage des diaphragmes et présente, au milieu des champs pulmonaires, des contours nets et précis. L'amplitude des battements est considérablement réduite.

Lors de l'expiration, le cœur s'enfonce davantage dans l'ombre du diaphragme et s'entoure de flou. Les contours, surtout ceux de la pointe, sont moins visibles et l'enregistrement radiokymographique de leurs mouvements, moins nets ; cependant, on constate une augmentation sensible de leur amplitude. — *L.*

R. HEIM DE BALSAC (Paris). — **Etude radiokymographique de la cinétique du bord gauche du cœur chez un sujet normal.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 1-2, 1945, p. 26-39, 8 fig.)

L'A. étudie d'abord la technique radiokymographique.

Dans la radiokymographie linéaire, le film mobile se déplace derrière la grille qui reste fixe.

Dans la radiokymographie plane, la grille se déplace entre le sujet et le film qui reste fixe.

L'examen radiokymographique complet exige cinq clichés : une radiokymographie plane, une radiokymographie de repérage avec la contre-grille, et trois radiokymographies linéaires (l'une sur le repérage, les deux autres décalées de 15 à 30 mm.).

L'A. étudie ensuite les résultats. L'étude de la cinétique d'un contour cardiaque paraît comporter l'examen des éléments suivants : étude des battements, amplitude des battements, répartition de l'amplitude des battements, « espace des mouvements » du bord gauche; enfin la morphologie des battements.

Radiokymogramme ventriculaire gauche du type commun. L'A. en rapporte des exemples.

Homme de 46 ans. Surmenage, vagotonie, appareil

circulatoire normal. Battements du bord gauche du cœur de forte amplitude, plus marquée à la pointe qu'à la base.

Homme de 20 ans. Appareil circulatoire normal avec arythmie respiratoire. Battements du bord gauche du cœur d'amplitude forte et égale à la base comme à l'apex. Contractions ventriculaires avec petites ondes télésystoliques et ressaut diastolique surtout net à la pointe.

Radiokymogramme ventriculaire gauche du type rare.

Homme de 21 ans. Convalescence d'angine pultacée, asthénie, appareil circulatoire normal. Battements du bord gauche du cœur d'amplitude faible, plus amples à la pointe qu'à la base.

Ce travail est accompagné de beaux radiokymogrammes que nous ne pouvons malheureusement pas reproduire. — *L.*

R. HEIM DE BALSAC (Paris). — **Etude radiokymographique de la cinétique du bord droit du cœur (oreillette droite) chez un sujet normal.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 3-4, mars-avril 1945, p. 92-101, 8 fig.)

Technique et matériel d'étude. Le matériel d'étude est constitué par la série des 115 sujets normaux, de 5 à 74 ans, ayant servi à la précédente étude de la cinétique du bord gauche.

Pour chaque sujet, l'A. a enregistré une radiokymographie (1 m. 50) plane (grille mobile de 30 mm. se déplaçant environ en 3″), en position frontale, grâce à l'emploi d'un tube puissant (40 Kw.) à anode tournante et foyer fin.

Résultats. — Les radiokymogrammes du bord droit du cœur ont rarement la même netteté que ceux du bord gauche; sur presque toute la hauteur du bord droit se superposent les projections artérielles, veineuses et bronchiques des arborisations hilaires, qui, à gauche, se projettent plus haut au niveau de l'arc moyen ou plus en dedans, au sein même de la masse ventriculaire.

Les sujets examinés se répartissent en quatre catégories.

Dans la première catégorie (6 cas, soit 5 %), la totalité du bord droit du cœur est animée de battements identiques à ceux du bord gauche.

2e catégorie. 24 sujets, soit 20 %. La totalité du bord droit est toujours animée de mouvements de retrait systoliques brusques et d'expansion diastoliques plus étalés, mais l'amplitude des déplacements du bord droit est très inférieure à celle du bord gauche.

Les sujets de la troisième catégorie sont nombreux : 37, soit 33 %. Battements ventriculaires à la partie inférieure, battements bifides à la partie supérieure.

Enfin, la dernière catégorie, la plus nombreuse, compte 48 sujets, 42 %. La totalité du bord droit du cœur est à peine mobile, simplement animé de fines trémulations dont l'amplitude est de l'ordre du millimètre.

La particularité la plus constante des kymogrammes du bord droit du cœur est la présence d'une onde supplémentaire par retrait présystolique du contour. — *L.*

P. CHASSAGNE (Paris). — **Un cas de dilatation congénitale de l'artère pulmonaire avec petite aorte et communication inter-auriculaire. Vérification anatomique.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 3-4, 1945, p. 72, 3 fig.)

Les résultats fournis par l'examen radiologique du cœur et l'E. C. G. sont curieux. Le cliché du thorax montre une augmentation globale du cœur. Enorme développement de l'arc moyen qui prend un aspect hémi-circulaire et visibilité anormale de l'artère pulmonaire droite. L'arc aortique n'est pas perceptible. En traverse gauche, l'oreillette ne paraît pas dilatée. La radioscopie indique la pulsabilité anormale de tout le système artériel pulmonaire avec « danse du hile ».

L'E. C. G. montre une déviation droite de l'axe électrique du cœur. — *L.*

Ed. DOUMER. P. DECLOUX et J. MERLEN (Lille). — **Angine de poitrine et acrocyanose compliquée de syndrome de Reynaud dues à un projectile dans le médiastin.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 3-4, 1945, p. 76, 2 fig.)

Homme de 42 ans, blessé de plusieurs éclats de bombe en 1941.

Forme et dimensions du cœur normales à l'écran. La radiographie révèle la présence d'un éclat métallique de 8 mm. de longueur environ, au-dessous de la saillie de la crosse aortique à gauche, tout contre l'arc moyen du contour gauche de l'ombre cardio-vasculaire, dans sa partie qui répond au tronc de l'artère pulmonaire, et animé de mouvements systoliques synchrones aux battements de cette artère.

Stellectomie gauche. Grosse amélioration. — *L.*

M. LEBLANC et **Méd.-Lt R. ISRAËL** (Dijon). — **Bradycardie régulière avec dissociation auriculo-ventriculaire complète par éclat d'obus intra-cardiaque.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 3-4, mars-avril 1945, p. 67, 2 fig.)

Soldat de 22 ans, blessé par éclat d'obus. Bradycardie avec dissociation auriculo-ventriculaire complète, démontrée par l'E. C. G. et due à une lésion du faisceau de His par éclat métallique.

Sur la radiographie de face, le projectile quadrangulaire de 6/6 se projette dans une zone médiane, située de face juste au-devant de la colonne vertébrale. Sur le film de profil, il se projette à 3 mm. du bord ventriculaire, à 5 cm. environ au-dessus du niveau diaphragmatique.

A la radioscopie, ce projectile est animé de vifs mouvements de va-et-vient systolo-diastoliques suivant une trajectoire fixe de 1 cm. 1/2 environ, sorte de virgule inversée à concavité supéro-gauche que le projectile parcourt vers la pointe du cœur pendant la systole, vers la base pendant la diastole. — *L.*

A. TOURNIAIRE (Lyon). — **Myxœdème cardiaque et maladie de famine.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 5-6, 1945, p. 114, 2 fig.)

Métallurgiste de 56 ans, astreint à un travail pénible, sous-alimenté. Amaigrissement, œdème des jambes.

On est surpris de trouver à l'écran un cœur très volumineux : DL, 18,6; DT, 18,1; DVD, 17,2; VG corde, 11,4; flèche, 2,6.

On note également des perturbations de l'E. C. G.

Ce malade est hospitalisé, mis au repos, suralimenté, ampoules buvables d'extrait hépatique, injections intra-musculaires de vitamine B1. Extrait thyroïdien.

Après 23 jours de traitement, le volume du cœur a notablement diminué : DL, 15,3; DT, 16,3; DVD, 15; VG corde, 10; flèche, 2,6.

Au 56e jour du traitement, augmentation du poids, la silhouette cardiaque a repris ses dimensions normales.

« L'apparition d'un myxœdème au cours de la maladie de famine est une preuve inédite du rôle de l'insuffisance thyroïdienne dans les états de carence ». — *L.*

P. SOULIÉ et **J. R. SICOT** (Paris). — **Péricardite constrictive. Considérations cliniques et opératoires.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 5-6, 1945, p. 131, 1 fig.)

Les A. communiquent deux cas :

Le premier cas se rapporte à une péricardite calcifiante, mais non constrictive. « La comparaison soigneuse des clichés du thorax faits dans les mêmes conditions, par le même opérateur avec le même appareillage en 1941 et en 1944, ne décèle aucune différence appréciable des images cardiopulmonaires et, en particulier, l'épaisseur et la densité de la cuirasse calcaire sont identiques ».

Le deuxième cas concerne un malade de 37 ans qui se plaint de palpitations, de douleurs précordiales et d'essoufflement à l'effort.

La radio montre une image cardio-vasculaire petite sous les différentes incidences. Le cœur est cerné surtout dans la région diaphragmatique et près du sillon interventriculaire antérieur d'une cuirasse calcaire n'excédant pas, semble-t-il, 3 mm. à son épaisseur maximum.

En résumé : péricardite calcifiante constrictive sans syndrome de Pick. — *L.*

APPAREIL DIGESTIF

Roger R. DUFRESNE (Montréal). — **A propos de radiologie digestive.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 5, mai 1945.)

La radiologie, et en particulier la radiologie digestive, est infiniment précieuse et difficile. Aussi, seuls, ceux qui sont instruits par l'expérience peuvent en tirer tous les renseignements utiles et éviter des erreurs grossières.

La collaboration du médecin et du radiologiste spécialisé est indispensable. Le médecin fournira au radiologiste tous les renseignements cliniques qu'il possède et le diagnostic auquel il est arrivé. Le radiologiste donne son opinion au clinicien qui reste libre de l'accepter ou non. Ce dernier, pour en discuter en connaissance de cause, doit avoir une opinion clinique aussi nette, aussi sûre que possible.

« Dans ces conditions seulement, l'examen radiologique du tube digestif prend toute sa valeur, et le rôle qu'il joue en pathologie digestive a trop d'importance pour que cliniciens ou radiologistes se permettent des négligences en ce domaine. » — *L.*

Jacques HUGUIER et **Charles-Louis CHATELIN** (Paris). — **L'anastomose termino-terminale après gastrectomie large.** (*Presse méd.*, n° 37, 15 sept. 1945, p. 490, 5 fig.)

L'anastomose termino-terminale doit prendre, après gastrectomie, une place prépondérante dans le cadre des indications indiquées, du fait de sa simplicité, de son meilleur résultat physiologique, de ses suites opératoires.

Sur les clichés post-opératoires (huit jours à un mois), on peut observer :

La poche gastrique n'atteint pas les fausses côtes; la poche à air, petite, a basculé à droite et est abaissée.

La bouche anastomotique, bien visible, fonctionne correctement sous écran, elle apparaît parfois un peu étroite; le bas-fond est très peu important. La bouche, le malade étant debout, se projette au bord supérieur ou au niveau du corps de D10.

Le duodénum est profondément modifié, il est dilaté, il occupe une situation médiane gauche, il est vertical ou oblique en bas et à droite; la partie initiale est souvent remplie de gaz. — *L.*

Marc ISELIN et **G. DIECKMANN** (Paris). — **Réflexions sur l'iléus dynamique.** (*Arch. hosp.*, 17e an., n° 11-12, juin 1945, p. 177-180.)

« On appelle « iléus dynamique » les occlusions qui ne sont dues ni à une strangulation ni à une obturation, et dont on ne peut expliquer l'apparition que par un trouble de la mécanique intestinale. »

Les A. rapportent quatre observations avec les examens radiologiques et font quelques réflexions à ce sujet : Les signes cliniques peuvent-ils conduire vers le diagnostic étiologique exact ? Les quatre observations permettent de répondre par la négative. Les signes radiologiques peuvent-ils mettre sur la voie du diagnostic étiologique ? L'examen des clichés permet de répondre par une affirmation prudente. « On devrait pouvoir soupçonner un iléus dynamique si, *en dehors d'une péritonite*, on observe de la distension grêle dans une obturation colique assez récente, et si le lavement opaque montre des zones coliques contractées et des zones dilatées dans un syndrome d'iléus grêle. » — *L.*

Jacques BRUNEAU (Montréal). — **Gastrectomie totale.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 6, juin 1945, p. 741, 4 fig.)

Après un bref aperçu historique, l'A. présente une observation de gastrectomie totale pour linite plastique chez un malade de 57 ans.

L'image radiologique montre l'infiltration néoplasique des deux tiers inférieurs de l'estomac, une diminution de la longueur de la lumière de l'estomac et une réduction du diamètre transversal de l'organe. Bref, image typique de linite plastique.

Quatre ans et demi après l'opération, le malade a engraissé de 8 livres et s'alimente normalement. — *L.*

Ed. DESJARDINS (Montréal). — **Une cause rare d'occlusion intestinale aiguë : la hernie transmésentérique étranglée.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 6, juin 1945, p. 734.)

Il s'agit d'un malade de 47 ans qui fut pris subitement la nuit de violentes douleurs abdominales. Il fut opéré d'urgence et l'on trouve une hernie transmésentérique étranglée. Le diagnostic exact n'avait pas été fait avant l'intervention; un examen radiologique avait précisé le siège de l'occlusion sur le grêle, à l'iléon terminal. — *L.*

Jean LE SAGE (Montréal). — **Colite ulcéreuse non spécifique. Evolution d'un cas.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 5, mai 1945, p. 593, 6 fig.)

Malade déjà traité antérieurement pour une colite ulcéreuse.

Un lavement baryté a donné les renseignements suivants :

Le remplissage des différents segments coliques se fait facilement et la colonne barytée progresse normalement à travers un sigmoïde apparemment normal. Le côlon descendant apparaît nettement contracturé, à parois plus ou moins régulières, bien que non douloureux à la palpation. Le pôle inférieur du cæcum apparaît contracturé, mais régulier, non douloureux à la palpation. L'appendice n'est pas visible. Le contrôle d'évacuation ne vide que le sigmoïde et le descendant avec modification très accentuée des replis de la muqueuse du descendant, donnant l'impression d'une muqueuse complètement dénudée. Le cæcum paraît fixé en position haute. « Les signes radiologiques sont en faveur d'une vieille lésion de colite ulcéreuse en voie de cicatrisation. » — *L.*

P. NICAUD (Paris). — **Péritonite encapsulante.** (*Presse méd.*, n° 32, 11 août 1945, p. 431-432, 8 fig.)

« La péritonite encapsulante est une forme de péritonite plastique, subaiguë ou chronique, dans laquelle l'intestin est englobé par une sorte de capsule ou de membrane enveloppante. » Après un mot d'historique, l'A. relate son observation chez un homme de 54 ans.

L'examen radiologique est tout à fait démonstratif. Il montre, de face, une image de volvulus gastrique. La partie verticale de l'estomac sous-jacente à la grosse tubérosité est retournée et soulevée jusqu'au contact du diaphragme. En oblique gauche, la portion verticale de l'estomac, retournée et surelevée, forme une deuxième poche plus volumineuse que la poche à air et contient du liquide résiduel qui surnage la gélobarine. En oblique droite, on note la sténose duodéno-jéjunale et la dilatation de l'anneau duodénal.

De la quatrième à la sixième heure, les anses grêles sont agglutinées et encapsulées au centre de l'abdomen. Enfin, à la 24e heure, le cadre colique s'inscrit autour de l'espace occupé précédemment par les anses grêles qui se sont vidées.

Un nouvel examen radiologique, après l'intervention, a montré une poche à air petite, un remplissage normal de l'estomac. L'évacuation pylorique est un peu lente, le duodénum est peu long, mais le transit s'effectue normalement dans les anses grêles.

Il s'agissait donc d'une péritonite encapsulante ayant englobé dans une réaction péritonéale chronique tout l'intestin grêle. — *L.*

P. BROCQ, J. POTEL et **J. GOSSET** (Paris). — **Documents à mettre au dossier de la péritonite encapsulante.** (*Lyon chir.*, t. 40, n° 2, mars-avril 1945, p. 153 à 160.)

A propos de quatre nouvelles observations de cette affection encore radiologiquement peu connue, les A. précisent que les rayons X peuvent donner des renseignements précieux. Leurs quatre malades présentaient les signes radiologiques suivants :

Refoulement vers le haut de l'estomac, quelquefois du transverse. Stagnation de la baryte dans le duodénum ou dans le début du grêle distendu. Situation anormale, du grêle, ramassé en une zone d'étendue relativement faible au centre de l'abdomen.

Par lavement baryté, le côlon entoure ce grêle dont la transparence se projette toujours dans la région vertébrale. — *J. B.*

A. SOULAS (Paris). — **Les rétrécissements inférieurs de l'œsophage, variétés et diagnostic.** (*Arch. hosp.*, n° 19-20, 1945, p. 299.)

La radiographie peut être utile pour le diagnostic des variétés de rétrécissements inférieurs de l'œsophage.

L'image radiologique est caractéristique dans le rétrécissement congénital. Celui-ci siège toujours un peu au-dessus du diaphragme, qu'il s'agisse d'œsophage long ou d'œsophage court avec estomac sus-diaphragmatique.

Le rétrécissement inférieur de l'œsophage peut être un signe révélateur d'un cancer, soit cardio-phrénique, soit cardio-gastrique. Le néoplasme est souvent méconnu. La radiographie montre que le point sténosé est souvent un peu au-dessus du plan diaphragmatique, les limites du segment rétréci en sont souvent irrégulières; il y a une encoche, une niche ou un flou.

Enfin, un examen complet de l'estomac, qu'on oublie souvent de faire, fournit généralement des images assez caractéristiques. — *L.*

Jean Paul DUGAL (Québec). — **Les ulcérations de l'estomac.** (*Laval médical*, oct. 1945, p. 537.)

Etude de 55 cas. Ces 55 malades présentaient une lésion stomacale dont la traduction radiologique était une niche. L'examen histologique montre que 11 de ces ulcères étaient malins, soit 20 %, et 44 bénins.

Il est de toute importance de radiographier tout malade qui a une histoire clinique d'ulcère stomacal ou duodénal.

L'A. étudie l'aspect de la niche et le siège de la niche. Il cite les travaux de Carman et de R. A. Gutmann. Dans la statistique de l'A., la moitié des niches néoplasiques siégeait sur la petite courbure moyenne ou antrale. Les ulcères bénins étaient placés surtout sur la petite courbure.

L'A. passe ensuite en revue les dimensions et l'évolution de la niche, ainsi que l'épreuve du traitement médical. — *L.*

DELORT, LUQUET et **HANNEQUIN** (Paris). — **Troubles mécaniques à l'occasion d'une récidive de cancer de l'estomac.** (*Arch. hosp.*, n° 15-16, 1945.)

Chez un homme de 68 ans, un cancer de l'estomac, opéré il y a treize mois, récidive.

L'examen radiologique montre une traversée œsophagienne normale; après avoir absorbé 100 gr. de bouillie barytée, le malade éprouve une sensation de plénitude et son estomac devient intolérant. On voit à ce moment la partie supérieure de l'organe bien injectée, puis la bouillie paraît s'amasser dans la moitié droite de l'antre et ne pouvoir s'évacuer par la moitié gauche (anse efférente). Ce n'est qu'au bout d'un quart d'heure que l'on obtient un premier passage au niveau de l'anse efférente; ce passage est difficile, la silhouette paraît indiquer un léger rétrécissement.

Les images radiologiques donnent un instant l'espoir qu'il peut s'agir d'un trouble mécanique corrigible par une nouvelle opération.

L'intervention montre une récidive du cancer envahissant la presque totalité de la partie restante de l'estomac et de la bouche interdisant toute nouvelle opération. — *L.*

René A. GUTMANN (Paris). — **Les déformations pseudo-néoplasiques de l'antre dans l'ulcère de la petite courbure.** (*Presse méd.*, n° 47, 24 nov. 1945, p. 636-637, 10 fig.)

Travail accompagné de figures très démonstratives de déformations pseudo-néoplasiques de l'antre et que le manque de place nous empêche de reproduire. Ces intéressantes figures sont à consulter dans le texte. — *L.*

F. D'ALLAINES (Paris). — **A propos de 18 cas de gastrectomie totale.** (*Arch. des Mal. de l'App. dig.*, t. 34, n° 1-2, janv.-fév. 1945, 11 fig.)

Nous signalons ce travail à cause des belles radiographies, la plupart post-opératoires, qui y sont reproduites. — *L.*

Jacques HEPP, A. VARAY et **BOURDIN** (Paris). — **Sténose duodénale sous-vatérienne de l'enfance et mésentère commun.** (*Arch. des Mal. de l'App. dig.*, t. 34, n° 1-2, janv.-fév. 1945, p. 76, 2 fig.)

Garçon de 18 ans entre à l'hôpital pour douleurs épigastriques avec vomissements et amaigrissement.

Examen radiographique : Le malade vomit presque aussitôt le repas opaque; cependant, on perçoit une dilatation considérable de l'estomac et du duodénum. On met en œuvre une aspiration duodénale continue et on fait un examen radiographique le lendemain. Le cliché montre que la distension gastrique a beaucoup diminué, la dilatation duodénale est marquée. Sténose duodénale sous-vatérienne.

Intervention, suivie d'une nouvelle intervention dix jours après.

Enfin, trois mois après les interventions, une radiographie digestive montre : pas de stase gastrique, passage rapide sans péristaltisme; continuité du duodénum et du jéjunum initial dans le plan vertical en marches à escalier. Le cæcum se projette au contact de « l'angle de Treitz ».

Le malade a repris 20 kilos. — *L.*

Paul BANZET et **André BUSSON** (Paris). — **Un cas d'iléite terminale.** (*Arch. des Mal. de l'App. dig.*, t. 34, n° 1-2, janv.-fév. 1945, p. 81, 5 fig.)

Homme de 36 ans qui souffre de la région paraombilicale depuis six semaines.

Examen radiologique (Penteuil) : Gros retard de l'évacuation iléale par blocage à distance de la valvule de Bauhin. Pendant l'examen les anses iléales sont animées de violentes contractions qui n'aboutissent jamais à la réplétion de l'anse terminale. On administre prudemment un lavement baryté : le cæcum met un certain temps à se remplir et paraît spasmé. Il est impossible de franchir la valvule de Bauhin.

Après évacuation spontanée, on pratique une insufflation, l'air distend bien le bas-fond cæcal dont le liséré muqueux est parfaitement conservé.

Cet examen radiographique permet donc de situer avec précision la lésion sur la portion terminale de la dernière anse iléale.

Intervention. Examen histologique. — *L.*

APPAREIL RESPIRATOIRE

H. MÉTRAS et **M. NIZARD** (Marseille). — **Le spasme bronchique. Etude d'un test radiologique pouvant servir d'indications thérapeutiques.** (*Presse méd.*, n° 43, 27 oct. 1945, p. 579-580, 6 fig.)

Les A. étudient d'abord un sujet normal. La sonde étant placée dans une bronche souche, le lipiodol est poussé sous le contrôle de l'écran. Les alvéoles sont rapidement tapissées et un cliché est pris.

L'injection est répétée dans les mêmes conditions chez un sujet dont les bronches sont atteintes de spasme. Après avoir franchi les bronches de deuxième et troisième ordre, le lipiodol stagne indéfiniment. Si l'on fait tousser le malade, le lipiodol est chassé non pas dans les alvéoles, mais dans le larynx et est expulsé. Le cliché pris avant la toux montre ce qu'on appelle « bronches cassées », « bronches à bouts coupés ». Après l'épreuve de la toux le cliché montre des bronches nettoyées et les territoires spasmés vierges de tout corps opaque.

On reprend le même malade un mois après et l'on constate qu'après l'épreuve de la toux, les alvéoles sont criblées de lipiodol. « La première conclusion intéressante que nous avons poursuivie est le traitement par l'infiltration répétée des territoires intéressés par le spasme, et nous avons guéri certains de nos malades. » — *L.*

P. SANTY, M. LEVRAT et **M. BÉRARD** (Lyon). — **Kystes pulmonaires multiples à forme hémoptoïque.** (*Presse méd.*, n° 43, 27 oct. 1945, p. 574, 2 fig.)

Homme de 31 ans qui présente des hémoptysies abondantes sans B. K.

Les radiographies simples ou lipiodolées montrent l'existence de cavités kystiques dans la partie antéro-inférieure de l'hémithorax droit. Les tomographies de face et de profil indiquent que ces kystes, dont le volume est celui d'une petite prune, siègent surtout dans le lobe moyen, mais il en existe deux dans le lobe inférieur. Sur la radiographie sans préparation, ces kystes apparaissent comme des kystes aériens sans niveau liquide. La bronchographie montre que le lipiodol y pénètre facilement.

Un traitement chirurgical est décidé. Lobectomie. Guérison. — *L.*

R. MATHEY-CORNAT (Bordeaux). — **Sur le diagnostic radiologique des cancers du larynx (étude statistique d'après la classification de Baclesse).** (*Presse méd.*, n° 29, 21 juil. 1945, p. 395-396, 7 fig.)

Les cancers ont été classés en cancers de l'étage sus-glottique. Dans cette statistique, les cancers classés comme appartenant à la bande sont les plus fréquents.

Les cancers de la corde vocale sont les plus difficiles à radiographier et à détecter, on doit avoir recours à la tomographie.

Pour la radiographie des cancers vestibulaires et de la bande ventriculaire, le lipiodol doit compléter la radiographie standard.

Dans ce travail, l'A. répond aux critiques qui ont été formulées contre la radiologie laryngée. « L'exploration radiologique, à condition d'être totale et correctement exécutée, avec des temps de pose de l'ordre de 3/100es à 5/100es de secondes! doit nécessairement faire partie de toute observation clinique et suppose, pour l'interprétation, une liaison parfaite du laryngologiste et du radiologiste. » — *L.*

W. LŒFFLER (Zurich). — **Infiltrations pulmonaires fugaces avec éosinophilie du sang.** (*Presse méd.*, n° 39, 29 sept. 1945, p. 516, 3 fig.)

L'A. passe en revue les principaux critères qui font poser le diagnostic :

1° L'ombre radiologique est fugace, apparaît et disparaît rapidement en l'espace de quelques jours. La localisation et l'étendue des ombres peuvent varier; le plus souvent, l'ombre peut intéresser plus de la moitié d'un champ pulmonaire. Ces ombres sont assez homogènes, à bords souvent irréguliers et estompés. Assez souvent, les hiles sont agrandis et parfois l'infiltration se localise dans le hile ou la région périhilaire. La plèvre peut parfois être intéressée.

2° L'éosinophilie du sang, deuxième signe cardinal, est également fugace.

Si les signes cardinaux ne sont pas saisis, l'éosinophilie étant recherchée trop tôt, la radioscopie étant pratiquée trop tard, le diagnostic du syndrome devient très difficile, sinon impossible. « C'est ainsi que nous avons pu, à maintes reprises, empêcher, au dernier moment, l'application d'un pneumothorax en reconnaissant la nature inoffensive d'une ombre radiologique qui avait été prise à tort pour une lésion tuberculeuse. »

L'A. publie une figure qui montre une infiltration fugace interclaviculaire droite rappelant, par sa forme et sa localisation, l'infiltration tuberculeuse précoce. Douze jours plus tard, l'infiltration avait complètement disparu. — *L.*

L. MICHAUD (Lausanne). — **Les troubles fonctionnels de la silicose.** (*Presse méd.*, n° 39, 29 sept. 1945, p. 517.)

Le diagnostic de silicose se base sur l'examen radiologique et l'anamnèse. La radioscopie ne suffit pas, la radiographie est absolument nécessaire.

L'A. rappelle les trois stades que l'on rencontre habituellement.

Stade I. : Ombres micronodulaires, de la grandeur d'une tête d'épingle, disséminées symétriquement dans la zone moyenne des plages pulmonaires, avec renforcement du dessin linéaire du parenchyme, gros hiles ou images hilaires accentuées.

Stade II. : Ombres nodulaires allant jusqu'à la grosseur d'un pois et donnant, par leur nombre, l'impression de grenailles, de tapioca ou d'une tempête de neige.

Stade III: Ombres compactes, généralement à l'étage moyen et pouvant s'étendre à l'étage supérieur, ayant l'aspect de pseudo-tumeurs, comprenant aussi des atalectésies. Signes de fibrose, de rétractions, d'épaississements pleuraux, de déformations diaphragmatiques et thoraciques, calcifications des hiles et parfois des nodules. — *L.*

P. AMEUILLE (Paris). — **Silicose pulmonaire à évolution rapide contractée en captivité.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 366-368.)

Il s'agit d'un prisonnier de guerre employé, en captivité, à décrépir avec un marteau piqueur l'intérieur d'un silo à grains, et dont la silicose pulmonaire présente comme caractéristique de s'être développée avec une rapidité extraordinaire puisque, quatre mois après le début du travail dangereux, le sujet commençait à ressentir des troubles fonctionnels et que, quatorze mois après, il devait l'abandonner.

En dehors des signes radiologiques (aspect de silicose pseudo-tumorale), qui paraissent fixes, cette silicose présente comme caractéristiques de s'être aggravée depuis la cessation du travail, si bien qu'une issue fatale sera à craindre dans un délai de deux ou trois ans.

L'invalidité des silicotiques devra donc être jugée, non pas sur des caractéristiques radiologiques, qui n'ont aucune espèce de concordance avec les troubles fonctionnels, mais sur ces troubles fonctionnels seuls. — *G. M.*

R. CLÉMENT, A. COMBES-HAMELLE et **M. PESTEL** (Paris). — **Tuberculose aiguë cavitaire du poumon chez un nourrisson de six semaines.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 368-370.)

A propos de ce cas qui a été vérifié, et où le cliché montrait une opacité dense du lobe supérieur droit avec excavation, les A. font remarquer que la tuberculose pulmonaire est très rare à six semaines, qu'il est exceptionnel qu'elle prenne, au cours du premier âge, l'aspect d'une pneumonie caséeuse, et qu'il est admis que le propre de la pneumonie caséeuse du nourrisson est de ne pas s'excaver (la plupart des A. pensent, avec Ribadeau-Dumas, que les cavernes ne s'observent guère avant trois mois, et qu'elles sont toujours d'origine broncho-pneumonique).

Alors que la tuberculose de la première enfance est muette cliniquement, le nourrisson avait présenté une toux quinteuse et émétisante qui s'expliquait par une importante adénopathie trachéo-bronchique et des signes d'auscultation importants (souffle et râles humides).

La cuti-réaction et l'intradermo-réaction étaient négatives, ce qui peut s'expliquer par le très jeune âge et par la période d'allergie cutanée qui succède à la naissance. Cette notion donne plus de valeur à la radiographie et à la recherche des B. K. par tubage.

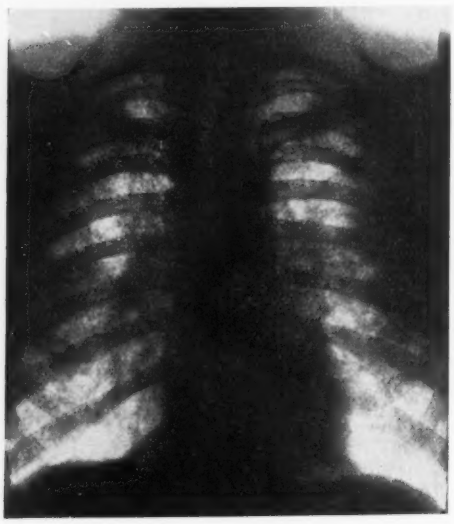
Les A. n'ont trouvé aucune source évidente de contagion. — *G. M.*

A. PELLÉ et **LEBRANCHU** (Rennes). — **Pneumopathie chronique par gaz fumigène. Aspect radiologique pseudo-tuberculeux.** (*Bull. et Mém. de la Société méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 383-384.)

L'observation concerne un gardien de la paix de 37 ans, qui a été presque quotidiennement, pendant plusieurs mois, exposé à l'inhalation de gaz fumigènes (chlorure de titane et chlorhydrine sulfurique employés par les Allemands, à Brest, pour masquer les objectifs militaires). Le cliché montrait des taches et des

nodules (cf. cliché irrégulièrement disséminé dans les deux champs). Dix examens de crachats ont été négatifs. Quatre cuti-réactions et deux intradermo-réactions ont été négatives.

Il n'y aurait aucune observation analogue dans la littérature, et l'on doit s'attendre à ce que d'autres sujets, atteints de la même affection, deviennent candidats à pension. — *G. M.*



Aspect pseudo-tuberculeux.

DUVOIR, G. POUMEAU-DELILLE et **FABIANI** (Paris). — **Silicose radiologiquement évolutive plusieurs années après la cessation du travail dangereux.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 338.)

Une jeune femme de 21 ans est exposée, durant dix-sept mois, du fait de son métier de sableuse, à l'inhalation de poussière de silice. Elle cesse ce métier en accusant une légère dyspnée d'effort. Un cliché montre une image de silicose à type de miliaire.

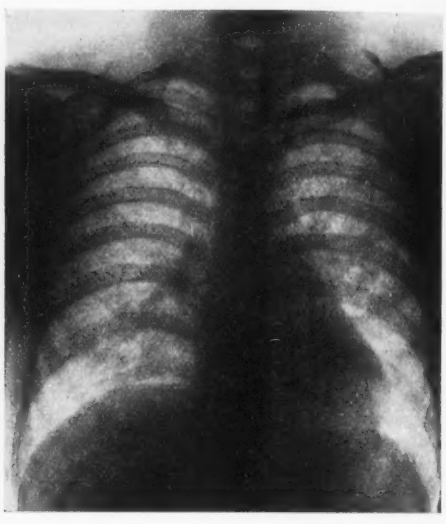
Six ans plus tard, sans aucune atteinte de l'état général, sans aucun trouble fonctionnel, un nouveau cliché montre des lésions profondément remaniées; l'image simule grossièrement une tuberculose fibro-caséeuse excavée. Des tomographies permettent d'analyser cette image : il existe dans les deux champs plusieurs opacités étendues à contours flous, sans aucune perte de substance. C'est un aspect typique de silicose.

Les A. reconnaissent toutefois que, malgré l'absence de bacilles à des examens répétés, il est impossible d'écarter formellement l'hypothèse d'une silico-tuberculose. — *G. M.*

A. PELLÉ et **F. FRESNEL** (Rennes). — **Pneumopathie aiguë par inhalation de gaz de combustion d'essence à plomb tétraéthyle.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 384-386.)

Un ouvrier effectuant des soudures sur un tuyau d'échappement perforé qui traversait une citerne automobile, est gêné par du larmoiement, des picotements pharyngés, une toux quinteuse et une dyspnée, et doit être hospitalisé le lendemain avec une température à 39°, une polypnée et une pâleur intense. Le cliché montre de nombreux nodules opaques sur toute l'étendue du poumon gauche et quelques nodules seulement à droite (cf. cliché). L'image ressemble à celle d'une tuberculose pulmonaire, mais deux cuti-réactions et une intradermo-réaction sont négatives, trois examens de crachats ne montrent pas de B. K. Les G. R. étaient diminués (3.000.000). Les G. B. étaient augmentés (12.000). Il n'y avait pas d'éosinophiles, ce qui éliminait le syndrome de Loeffler.

Toute la symptomatologie, clinique et radiologique, était disparue au bout de huit jours.

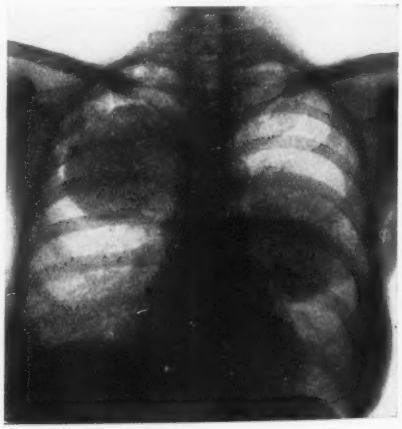


Pneumopathie aiguë par inhalation de gaz.

L'examen de l'essence et l'analyse des produits de sa combustion ont montré qu'ils contenaient du plomb tétraéthyle.

Il ne semble pas que l'affection ait déjà été signalée. — *G. M.*

BARIÉTY, O. MONOD, A. HANAUT, COURY et **J. R. GOSSET** (Paris). — **Sarcome intra-thoracique muet à dissémination terminale suraiguë.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 424-427.)



Sarcome intra-thoracique.

L'intérêt de cette observation réside dans cette particularité que le silence symptomatique était presque total, alors que le cliché montrait une volumineuse

tumeur arrondie dans chacue champ pulmonaire, et dans ce fait que la dissémination terminale, qui ne dura que dix jours, se produisit trois mois après une intervention chirurgicale ayant réalisé l'exérèse de la tumeur gauche, fut véritablement explosive, l'efflorescence des noyaux métastatiques ayant pu être suivie sur les clichés. Le décès survint quelques jours après une deuxième intervention chirurgicale où l'on s'était borné à l'exérèse de la masse principale.

Les A. signalent les difficultés du diagnostic clinique et même histologique : les éléments de malignité, incertains sur la première pièce opératoire, ne devinrent évidents que sur la seconde, trois mois plus tard. — *G. M.*

CORPS ÉTRANGERS

Paul PAINCHAUD (Québec). — **Considérations sur la migration des corps étrangers dans les voies digestives inférieures.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 5, mai 1945.)

Sept observations personnelles sont rapportées: trois cas d'épingle de sûreté ouverte, un bouchon métallique de bouteille de bière, une épingle droite, une pince à cheveux, une prothèse dentaire (trois dents).

La surveillance radiologique est primordiale, celle-ci indiquant la situation de l'objet et le niveau de son arrêt s'il y a lieu. — *L.*

Robert LESSARD (Québec). — **Migration des corps étrangers à travers les voies digestives inférieures.** (*Union méd. du Canada*, t. 74, n° 5, mai 1945.)

L'A. insiste sur l'importance de la collaboration médico-radiologique dans la recherche et la localisation des corps étrangers qui ont pénétré dans l'estomac et les voies digestives inférieures.

Le radiologiste localisera le corps étranger et en suivra la migration à travers le tube digestif. Sur ses conseils, le médecin interviendra ou attendra l'évacuation spontanée, cas qui se produit le plus souvent. Si le corps étranger séjourne trop longtemps dans la même portion du tube digestif, il y a une indication pour intervenir chirurgicalement.

Les endroits de prédilection où les corps étrangers ralentissent ou s'arrêtent sont : l'antre et la région pylorique, la deuxième portion duodénale, l'angle duodéno-jéjunal, l'iléon terminal et le cæcum. — *L.*

RADIOTHÉRAPIE

DERMATOSES

P. JOULIA et **P. LE COULANT** (Bordeaux). — **Maladie de Darier. Action de la radiothérapie superficielle non filtrée.** (*Ann. de Dermat. et de Syphiligr.*, n° 7-8, juil.-août 1944, p. 197.)

Les A. nous signalent une nouvelle indication de la radiothérapie superficielle sans filtre qui semble leur avoir donné de bons résultats.

Il s'agit d'une jeune fille de 28 ans qui, depuis son enfance, présente des poussées saisonnières de lésions suintantes cataloguées eczéma.

Ces lésions sont de deux ordres : vésicules et papules siégeant surtout aux plis et pouvant rappeler dans certains cas l'aspect des éléments du lichen plan.

Le traitement se fait par régions, sans limitateur, à raison d'une seule séance par champ. Tension : 80 Kv. Intensité : 2 milli. Dose totale : environ 500 r. (5 H.) par champ.

Après une phase d'érythème, les téguments ont desquamé et repris leur aspect normal.

Selon leurs A., cette méthode gagnerait à être essayée également sur le visage. — *G.*

NÉOPLASMES

H. BADE (Berlin). — **La radiothérapie des cancers de la cavité buccale et du pharynx.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, p. 69-146.)

Etude détaillée des résultats obtenus par la radiothérapie pour 382 cancers de la cavité buccale et 586 cancers du pharynx. Bibliographie de 4 pages. — *R. L.-L.*

J. RIES (Munich). — **Sur la radiothérapie du cancer du rectum.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, p. 39-47, 3 fig.)

Rapporte les observations de deux malades ayant un adéno-carcinome rectal opérable et qui furent guéris par la seule radiothérapie (curiethérapie et rœntgenthérapie de contact), et d'un troisième avec vaste récidive, après opération par voie sacrée, chez lequel on obtint, par combinaison radio-chirurgicale, la disparition de la tumeur et la guérison clinique. — *R. L.-L.*

APPAREIL GÉNITO-URINAIRE

W. SCHAEFER et **P. KIM** (Cracovie). — **Observations cystoscopiques après rœntgenthérapie intravaginale, d'après Shaefer-Witte.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, p. 68.)

Sur 34 cas observés, 2 avaient déjà des symptômes vésicaux avant le traitement, les 32 autres restèrent indemnes. — *R. L.-L.*

K. KEPP (Goettingue). — **Problèmes de la radiothérapie des cancers génitaux féminins.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, p. 48-64.)

Rapide revue générale des divers problèmes que pose aujourd'hui le traitement des cancers génitaux féminins et des solutions apparemment les plus avantageuses qui peuvent leur être données. Ne présente guère d'idées originales. — *R. L.-L.*

J. RIES (Munich). — **Résultats de la radiothérapie des cancers du col utérin à la Ire Clinique gynécologique de l'Université de Munich, années 1936 et 1937.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, nov. 1943, p. 10-17.)

Les meilleurs résultats obtenus jusqu'à présent l'ont été en 1937 où, pour un total de 283 malades traitées (par association de curie et rœntgentherapie, à l'exception de 23, dont 10 appartenant au groupe IV, qui l'ont été seulement par la curiethérapie), il a été obtenu 113 guérisons persistant au bout de cinq ans, soit un pourcentage absolu de 39,4 %, qui s'élève à 59,3 %, si l'on ne considère que les malades appartenant aux deux premiers groupes. — *R. L.-L.*

E. KURZ (Munich). — **Résultats de la radiothérapie du cancer du corps de l'utérus à la Ire Clinique gynécologique de l'Université de Munich pendant les années 1934-1937.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, nov. 1943, p. 18-21.)

Sur 115 malades traitées exclusivement par les radiations (curie et rœntgenthérapie, sauf pour les sujets très adipeux qui ne reçurent que la curiethérapie), il y eut une mortalité de 2,6 % par péritonite. 9 autres malades ont été opérées, une n'a pu être suivie. Au total, ces 125 malades ont donné 57 guérisons de cinq ans, soit 45,6 %. Chez les malades opérables, — mais exclusivement irradiées, — les perfectionnements graduels de la technique employée, et qui se rapproche de celle du Radiumhemmet de Stockholm, ont permis d'élever jusqu'à 70,2 % le pourcentage des guérisons de cinq ans. — *R. L.-L.*

R. SCHIEMANN. — **Résultats de la radiothérapie des cancers utérins traités à la Clinique gynécologique de Wurzbourg.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, nov. 1943, p. 22-29.)

Il a été traité, à la Clinique de Gauss, de 1924 à 1937, 897 cancers utérins dont 359 = 40 % avec guérison de cinq ans. Il est intéressant de constater que si l'on groupe les cas traités pendant les périodes de 1924-33, de 1936-37, on observe un sensible accroissement du pourcentage des guérisons, net surtout pour les cancers du col dont le nombre est beaucoup plus élevé. Voici les chiffres pour le col : 783 cas ont fourni, pour ces périodes respectives, des pourcentages de guérisons absolues qui ont été respectivement de 27 % (45 % pour les groupes I et II, 21 % pour III et IV), 36 % (avec 44,8 et 36,5 pour la même ré-

partition des groupes), enfin 41,8 % (avec 62,7 et 35,1 respectivement pour les groupes indiqués).

Ces résultats sont dus au perfectionnement de la technique dérivée de celle de COUTARD pour la rœntgenthérapie. — *R. L.-L.*

U. HENSCHKE (Munich). — **Appréciation des dommages qui peuvent être causés dans la descendance par les rayons X et les rayons du radium.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, nov. 1943, p. 30-38.)

Une mise au point, sous la direction de l'A., par OTWEILER, de l'action des diverses doses de rayons X reçues par le fœtus pendant les divers mois de la grossesse, sert de base à ces considérations et en constitue la plus intéressante. Nous résumons ces données dans le tableau suivant, imité de H.

Action	Mois de la grossesse									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Avortements ou malformations.	60	150	250	340	440					
Avortements, malformations ou enfants cliniquement normaux	40 à 60	90 à 150	140 à 250	200 à 340	250 à 440	Le nombre des observations est trop faible pour établir la dose.				
Enfants cliniquement normaux.	40	90	140	200	250					
Doses nuisibles calculées en supposant la sensibilité fœtale proportionnelle à la rapidité d'accroissement.....	50	100	160	250	333	440	550	650	720	780

Toutes les doses sont calculées en unités r.

H. s'abstient, dans la première moitié de la grossesse, d'irradiations, même uniquement diagnostiques, surtout pratiquées sur la région abdominale de la mère et qui seraient susceptibles de faire absorber la moindre quantité de rayonnement au fœtus. Il va si loin que, lorsque des doses supérieures à celles qui sont indiquées sur la ligne III du tableau ci-dessus ont été administrées, par exemple, dans un cas de grossesse au début, non diagnostiquée, il pratique *toujours* l'avortement ! C'est là une pratique qui paraît singulièrement excessive, le calcul de doses aussi petites comportant de telles causes d'erreur qu'il paraît impossible de les estimer avec une exactitude suffisante pour se croire autorisé à une mesure aussi grave que celle de l'avortement provoqué.

Les dangers que seraient susceptibles, théoriquement, de faire courir aux enfants l'irradiation des organes génitaux des parents, et qui pourraient être envisagés comme des mutations dominantes, ne semblent pas établis d'une façon certaine chez l'homme.

Quant aux dangers pouvant résulter, pour la descendance de l'apparition de mutations récessives, s'ils sont établis pour la *Drosophila*, il s'en faut qu'ils le soient aussi pour l'espèce humaine et que l'on puisse assimiler ce qui se passe chez la mouche à ce qui se passera chez l'homme. En dehors des mesures de prudence, toujours indiquées pour toute irradiation thérapeutique et même diagnostique, il ne semble pas qu'il y ait lieu de tenir compte, actuellement, de ces dangers hypothétiques et sur la réalité — ou l'inexistence — desquels on ne pourra, de toute façon, être fixé que dans un bien lointain avenir. — *R. L.-L.*

SYSTÈME NERVEUX

W. BOEHME (Rostock). — **Sur la radiothérapie de la sciatique.** (*Strahlentherapie*, t. 74 f. 1, nov. 1944, p. 147-152.)

Rapporte les résultats, très favorables dans l'ensemble, obtenus à la Clinique de Curschmann, à Rostock, dans le traitement des sciatiques. Comme technique : 4 séances de 200 r. sur la colonne lombaire et le sacrum (en ne dépassant jamais un total de 800 r. par six mois), 200 r. sur les autres points douloureux principaux (pli fessier, creux poplité, jambe, cheville). 180 Kv., 30 cm. de distance, filtration sur 0,5 mm. de Cu + 1 mm. Al, protection appropriée des ovaires chez la femme, du scrotum chez l'homme.

Les meilleurs résultats ont été obtenus chez les malades traités d'emblée et de bonne heure par les rayons, les plus mauvais chez ceux qui avaient subi antérieurement un traitement chirurgical. L'impossibilité de fournir la statistique précise des observations, les archives du service ayant été détruites par suite de faits de guerre, enlève un peu de son intérêt à ce travail. — *R. L.-L.*

DIVERS

W. RECH (Munich). — **Notre expérience de la rœntgenthérapie des mastites puerpérales.** (*Strahlentherapie*, t. 74, f. 1, nov. 1943, p. 5-9.)

Il a été traité, à la Clinique gynécologique de Munich, 715 cas de mastite. 422 d'entre eux ont été irradiés dans les quatre premiers jours, avec 77 % de guérisons sans incision, tandis que ce pourcentage n'atteignait que 67 % chez les malades traitées par d'autres méthodes non opératoires. Lorsque le traitement a pu être institué dans les 24 premières heures, on a atteint 88,2 % de guérisons. La technique employée consistait en une seule application de 100 r. à 200 Kv. avec filtrations sur 1 mm. de Cu, à 40 cm. de distance et avec un champ assez grand pour couvrir et dépasser légèrement l'ensemble du sein, le centrage étant fait autant que possible sur le milieu de la zone inflammatoire.

L'A. considère l'irradiation comme le traitement de choix quand elle peut être instituée de façon précoce. Il insiste sur la constance et la rapidité avec laquelle les phénomènes douloureux sont calmés, ce qui permet généralement de reprendre l'allaitement dans les 24 heures. — *R. L.-L.*

ÉLECTROLOGIE

PHYSIOLOGIE

B. et P. CHAUCHARD (Paris). — **Les deux facteurs de la métachronose réflexe de répercussion après section nerveuse.** (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 139, 1945, p. 42.)

Après section nerveuse d'un côté, les variations de chronaxie observées du côté opposé reconnaissent une double origine : centrale (subordination) et périphérique (phénomène de Bourguignon et Bennati). — *A. D.*

M. LAPICQUE (Paris). — **Dédoublement de la courbe d'excitabilité des muscles squelettiques des Batraciens sous l'action de la vératrine et de la guanidine.** (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 138, 1944, p. 958.)

Une deuxième forme d'excitabilité (dite rythmogène) déjà étudiée sous l'influence de l'hyposulfite de soude, apparaît également sous l'action d'autres poisons du muscle; mais le phénomène dure moins longtemps. — *A. D.*

A. STROHL et **F. MARTIN-BELLET** (Paris). — **Différences de potentiel électrotoniques suivant l'intensité du courant polarisant.** (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 138, 1944, p. 968.)

Les potentiels des différents points d'un nerf soumis à un courant ne varient pas proportionnellement à l'intensité de ce courant, comme ce serait le cas si le nerf pouvait être assimilé à une association de résistances ohmiques fixes. Ces potentiels ne peuvent, en particulier, servir de base à la détermination des constantes physiques du conducteur nerveux. — *A. D.*

G. MOURIQUAND et **J. COISNARD**. — **1° Sur la chronaxie vestibulaire des sujets normaux (adultes, enfants).** (*C. R. de la Soc. de Biol.* t. 139, 1945, p. 119.) — **2° Activité musculaire, chronaxie vestibulaire et temps de récupération chronaxique.** (*Ibid.*, p. 120.)

Sur 48 sujets, l'indice chronologique vestibulaire, mesuré avec la technique mono-auriculaire, s'est montré compris entre 25 et 8 sigma. Il baisse notablement après activité musculaire ou fatigue, mais cette baisse est sans rapport avec l'entraînement des sujets. Par contre, le temps de retour à la normale est notablement plus court chez les sportifs entraînés et pourrait servir de test commode pour en apprécier la « capacité sportive ». — *A. D.*

W. GUTS et **J. COLLE** (Louvain). — **Etude de l'angle de phase du nerf sciatique de grenouille immergé dans la solution de glucose-bicarbonate.** (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 138, 1944, p. 1056.)

L'immersion du nerf sciatique de grenouille dans une solution glucoso-bicarbonate, qui modifie fortement la vitesse de conduction et l' « amplitude du sommet », n'influencerait pas le déphasage d'un courant alternatif, déphasage de 45°, quelle que soit la fréquence, et qui caractériserait une capacité de polarisation. Les A. rapprochent cette constance de celle de la chronaxie dans les mêmes conditions. — *A. D.*

L. et **M. LAPICQUE** (Paris). — **Quelques observations chronaximétriques sur la musculature d'un poisson.** (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 139, 1945, p. 257.)

La réponse à l'excitation galvanique de la musculature d'un poisson a les mêmes caractéristiques que celle des muscles striés des batraciens. Elle est indépendante de l'orientation du segment interpolaire par rapport aux fibres nerveuses ou musculaires; il n'est pas nécessaire, pour que l'excitation se produise, que le courant parcoure une longueur notable de muscle. — *A. D.*

G. MOURIQUAND et **J. COISNARD** (Lyon). — **Sport et chronaxie vestibulaire. Le « test de récupération chronaxique ».** (*Presse méd.*, 7 juil. 1945, n° 27.)

Les recherches expérimentales sur la chronaxie vestibulaire du pigeon ont conduit les A. à l'étude du « test de récupération chronaxique » des sportifs.

Dans ce but, sept « volontaires », plus ou moins entraînés, ont été soumis à des courses de fond et de vitesse. La « chronaxie vestibulaire basale » de chacun de ces sujets a été mesurée avant chaque épreuve.

Les A. concluent que l'activité musculaire du sujet sportif détermine une « plongée » rapide et profonde de la chronaxie vestibulaire aux environs de 2 sigma, 1 sigma ou 0,5 sigma, quel que soit le niveau chronaxique initial (de 22 à 9 sigma).

Cette chute chronaxique, identique chez tous les sujets, quel que soit leur entraînement, ne permet pas de juger de leur capacité sportive. Par contre, le « temps de récupération chronaxique vestibulaire » donne sur cette capacité d'importantes précisions. L'entraînement raccourcit ce temps de récupération; la fatigue antérieure l'allonge et il en est de même pour les abaisseurs de la chronaxie vestibulaire. Certains aliments ou médicaments (sucre, aneurine, phosphates, etc...) raccourcissent ce temps de récupération.

« De nombreuses épreuves ou mensurations nous incitent à penser que le test de la « récupération chronaxique vestibulaire » mérite de prendre place à côté des autres tests (cardiovasculaire, tensionnel, etc...), permettant d'apprécier la capacité sportive des individus. » — *L.*

Paul CHAUCHARD (Paris). — **Les résultats de l'analyse chronaximétrique des états convulsivants, application à l'épilepsie.** (*Presse méd.*, n° 34, 25 août 1945, p. 454.)

Voici la conclusion de l'A. : « La chronaximétrie, qui s'était révélée féconde dans l'étude du processus hypnique, est également précieuse pour l'examen du problème des états convulsivants, processus inverse en principe, mais souvent en relation avec le précédent. La distinction qu'elle établit entre les actions convulsivantes simples touchant dans le même sens tous les centres et les comas convulsivants qui n'excitent que les centres infra-mésencéphaliques, apportent une intéressante confirmation à la distinction actuellement amorcée entre deux types opposés d'épilepsie, l'épilepsie corticale et l'épilepsie-coma. » — *L.*

ÉLECTRODIAGNOSTIC

J. LEREBOULLET et **G. CARBONNET** (Paris). — **Un nouveau cas de paralysie cubitale des cyclistes.** (*Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris*, n° 25-40, 1944, p. 313.)

Il s'agit d'un nouveau cas de paralysie cubitale avec hypo-excitabilité faradique et ébauche de lenteur au niveau des muscles hypothénariens et de l'adducteur du pouce, qui paraît conditionné, comme dans les deux observations de GUILLAIN, par un double facteur : longueur du trajet à bicyclette et lourde charge sur le porte-bagage avant. — *G. M.*

Ernest HUANT (Paris). — **Etude des réactions neuro-électriques et du traitement physiothérapique chez les prisonniers et déportés récemment rapatriés.** (*Presse méd.*, n° 35, 1er sept. 1945, p. 468-469.)

Un premier groupe comprend les blessés et traumatisés prisonniers ou requis de force du S. T. O., qui furent blessés par bombardements, etc.

Pour cette catégorie, on a pu observer toute la gamme des modifications électriques qu'on rencontre en chirurgie de guerre. L'A. note que :

les syndromes d'interruption totale ont été très rares ;

la réaction de dégénérescence totale a été également rare : trois cas, dont un paraissait irréductible ;

la réaction de dégénérescence partielle est la règle pour cette catégorie.

Les chronaxies étaient en général augmentées de 4 à 10 fois la normale, parfois jusqu'à 50 fois.

L'A. insiste sur la fréquence du syndrome de compression.

Le deuxième groupe comprend presque toujours des déportés, carencés, hypotoniques et hypotrophiques. Il s'agissait de déportés récents. Ce qui domine dans cette catégorie, c'est l'extrême rareté de la réaction de dégénérescence même partielle et aucune totale. On ne trouve que 3 cas de R. D. partielle nette, sur 120, se rattachant uniquement à des phénomènes de carences.

Le traitement a consisté en diélectrolyse trans-segmentaire d'iode sur les blocs fibreux comprimant les trajets nerveux, et surtout en galvano-faradisation progressive; ceci pour les blessés.

Pour la deuxième catégorie, on a associé, au traitement neuro-moteur local, un traitement physiothérapique général : U.-V. généraux, bains d'ondes courtes à faible puissance, etc. — *L.*

ÉLECTROCARDIOGRAMME

MOUQUIN, MACREZ et **LAFLEUR.** — **Deux nouveaux cas d'altérations électrocardiographiques au cours du botulisme.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vais.*, nov.-déc. 1944, p. 141, 2 fig.)

Deux observations d'intoxication familiale par du jambon salé consommé cru.

Ces cas sont cliniquement typiques et bactériologiquement contrôlés.

Les anomalies portaient surtout sur l'onde rapide. — *L.*

André JOUVE (Marseille). — **Raccourcissement permanent de PR avec déformation du ventriculogramme. Action des épreuves clinico-physiologiques.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vais.*, n° 11-12, nov.-déc. 1944, p. 133-134, 2 fig.)

Jeune fille de 17 ans souffrant depuis deux ans de tachycardie paroxystique. En période de crise, les tracés répondent à une maladie de Bouveret classique, les complexes ventriculaires sont subnormaux. Dans l'intervalle des crises, ils présentent les caractères suivants : le rythme auriculaire est régulier à 75 contractions par minute; l'espace PR = 0″10; les complexes ventriculaires sont très atypiques; en DI et DII, la flèche R est élargie (0″16), de grande amplitude, crochetée ; le segment RT est fortement déprimé ; l'onde T est diphasique; en DIII, toutes les ondes sont écrasées. — *L.*

L. LANGERON et **P. GIARD** (Lille). — **Modifications électrocardiographiques dans un cas de choc aigu d'allure histaminique.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, n° 11-12, nov.-déc. 1944, p. 126, 2 fig.)

Homme de 41 ans, intoxiqué par des moules. Deux tracés électrocardiographiques ont pu être pris.

En crise : DI, rythme sinusal à 125; PR = 0″09. DII, PR = 0″10; P est un peu polymorphe. DIII, PR = 0″11; P est polymorphe, parfois bifide; QRS est franchement anormal, rabougri; T est négatif.

Après la crise : DI, rythme sinusal à 90; PR = 0″09; surélévation de T; accentuation de S; deux accidents peu marqués en crise. DII, PR = 0″10; même accentuation de T et S. DIII, PR = 0″12; T est toujours négatif. Il y a un P négatif, l'onde rapide est redevenue normale.

Il n'y a donc pas eu d'allongement de PR, le rythme sinusal a seulement changé de fréquence; la modification la plus caractéristique réside dans la disparition pendant le choc de S en I et II, de même que l'aplatissement de T dans ces deux dérivations et l'anomalie de QRS en III. — *L.*

L. LANGERON (Lille). — **Particularités électrocardiographiques au cours de crises lipothymiques avec hypotension et hypoglycémie chez un sujet porteur d'une tumeur comprimant le pneumogastrique.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, n° 11-12, nov.-déc. 1944, p. 125-126 avec fig.)

Sur tous les tracés pris en crise, on note la grosse diminution d'amplitude du tracé huméral. Maximum habituellement autour de 13-14, baissait en crise à 6, le tracé était pris au niveau de l'oscillation maxima dans les deux cas.

La coexistence d'une hypoglycémie notable au moment des crises, due vraisemblablement à une décharge insulinique contemporaine de l'excitation vagale responsable de l'hypotension lipothymique paroxystique, peut permettre de penser que ces changements électrocardiographiques pouvaient être sous la dépendance de cette hypoglycémie. — *L.*

E. DONZELOT, H. SIKORAV et **ESSEL** (Paris). — **Altérations transitoires de l'électrocardiogramme après des crises de tachycardie ventriculaire paroxystique.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 1-2, 1945, p. 19, 3 fig.)

C'est l'enregistrement des fins de crise qui a révélé les anomalies propres aux huit observations citées. Chaque accès « étudié » est suivi d'altérations transitoires électrocardiographiques portant sur l'onde T et le segment ST. Dans 4 cas, il y eut inversion de T. Dans un cas, l'inversion s'observe sur D3. Dans un cas, l'inversion s'observe en D1.

Le retour progressif à la normale se fait en quelques jours à deux ou trois semaines. — *L.*

P. SOULIÉ et **M. BOIVIN** (Paris). — **Périodes de Luciani-Wenckebach chez un neurotonique.** (*Arch. des Mal. du Cœur et des Vaiss.*, 38e an., n° 5-6, p. 136, 1 fig.)

Malade 24 ans, palpitations et dyspnée.

A la radioscopie, cœur un peu globuleux, contractions ventriculaires fortes.

E. C. G. : rythme sinusal très instable, oscillant de 35 à 80, axe électrique normal; complexes ventriculaires normaux dans les trois dérivations usuelles.

On porte le diagnostic de neurotomie cardiaque à prédominance vagotomique et l'on prescrit un traitement général. Après une amélioration nette, l'arythmie augmente.

Un nouveau tracé recueilli en D2 montre qu'il s'agit de périodes de Luciani-Wenckebach. Fait particulier, au fur et à mesure de l'allongement de PR, P, d'abord fortement positif, diminue progressivement d'amplitude et devient de plus en plus négatif pour reparaître positif au début du cycle suivant et suivre la même marche. — *L.*

ÉLECTROTHÉRAPIE

SYSTÈME NERVEUX

J. BOURGUIGNON, J. DELAY et **P. NEVEU** (Paris). — **Electro-choc et indice chronologique vestibulaire chez l'homme.** (*C. R. Soc. de Biol.*, t. 138, 1944, p. 265.)

L'électro-choc modifie non seulement les indices chronologiques vestibulaires en général, mais aussi le rapport entre l'indice + et l'indice — du même côté (méthode mono-auriculaire) lorsque ce rapport est anormal : ce rapport n'est pas modifié lorsqu'il est normal. Les premiers résultats de l'étude de ces indices dans l'électro-choc semblent montrer une relation entre ses modifications et les syndromes présentés par les malades. — *A. Djourno.*

J. DELAY, J. L. PARROT et **P. LUQUET.** — **Electro-choc et régulation de la tension artérielle** (*C. R. Soc. de Biol.*, t. 138, 1944, p. 135.)

Même s'il n'y a pas eu de convulsions, l'électro-choc détermine une forte hypertension avec hypotension consécutive. — *A. Djourno.*

J. DELAY et **A. SOULAIRAC.** — **Le syndrome sympathique de l'électro-choc.** (*C. R. Soc. de Biol.*, 1943, t. 137, p. 602.)

On observe d'abord un syndrome d'hypersympathicotomie très marqué et assez complet (vaso-constriction, mydriase, hyperglycémie, hyperleucocyte, etc.), puis un syndrome inverse qui, exceptionnellement, peut se montrer d'emblée. — *A. Djourno.*

J. BOURGUIGNON et **P. BAILLART** (Paris). — **Action de la diélectrolyse transcérébrale de quelques ions sur la circulation rétinienne.** (*C. R. Soc. Biol.*, t. 138, 1944, p. 779.)

Les effets sur la circulation rétinienne de la dilectrolyse transcérébrale apportent un nouvel argument en faveur d'une action directe sur la circulation cérébrale. La galvanisation sans ions n'agit pas. — *A. Djourno.*

Le Gérant : G. MASSON.

Imprimé par F. Soulisse-Martin, à Niort (France), 6-1946. Dépôt légal, 2e trimestre 1946. N° d'ordre : 53.

Masson et Cie, éditeurs, Paris. Dépôt légal, 2e trimestre 1946. N° d'ordre : 359.

(Published in France.)

KOLEN ET DELHUMEAU

CONSTRUCTEURS BREVETÉS

7, rue d'Hautpoul
PARIS XIXe

Fournisseurs Officiels des Ministères de la Guerre, de la Marine, de l'Aéronautique, du Service de Santé de l'Armée, de l'Assistance Publique, etc...

Téléphone :
Botzaris 83-18

FABRIQUE SPÉCIALE DE MATÉRIELS

pour le développement des films radiographiques

CUVES - CADRES - SÉCHOIRS PERFECTIONNÉS - LANTERNES

NEGATOSCOPES, etc..., etc...

LUMIÈRE

RADIOFILM LUMIÈRE

Fabriqué en France

Films Radiographiques

25, Rue du 4 Septembre_PARIS (2e)
25, Rue du Premier Film_LYON (7e)

Nouveaux Tubes C.G.R.

TUBES

BIPENTE

à double foyer 2/12 kW et 6/12 kW

ROBURIX et CUVIX

FOYER NORMAL pente 20°		FOYER LONG pente 10
2 kW Extrémités osseuses et radioscopie Dim. 1,8 x 1,8 mm.	6 kW Utilisation normale Dim. 3,3 x 3,3 mm.	12 kW Radiographie à forte puissance Dim. 3,3 x 3,3 mm.
1 sec. 2 kW 0,1 — 3 kW	1 sec. 6 kW 0,1 — 9 kW	1 sec. 12 kW 0,1 sec. 18 kW 0,05 sec. 20 kW

En téléradiographie la finesse d'un foyer 6 kW pour une puissance de 20 kW pendant 0,05 sec.

COMPAGNIE GENERALE DE RADIOLOGIE

34, BOULE DE VAUGIRARD - PARIS (XVe)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉNERGIE ET DE RADIOCHIMIE

Société anonyme au capital de 1.000.000 de francs, fondée en 1914

51-53, RUE D'ALSACE, **COURBEVOIE** (Seine) - Tél. : Défense 18-41

RADIUM

FABRICATION FRANÇAISE
AUX USINES DE COURBEVOIE

VENTE ET LOCATION
DE TOUS APPAREILS DE CURIETHÉRAPIE

Administrateur-Directeur : **R. GALABERT,** ex-chargée du Se des Mesures à l'Institut du Radium.

tous les tubes et appareils

POUR LE

RADIODIAGNOSTIC
ET LA
RADIOTHERAPIE

PHILIPS METALIX
47 QUAI DES GRANDS AUGUSTINS - PARIS
TEL. DANTON 24-60

LES SELS BILIAIRES EN RADIOGRAPHIE

DYCHOLIUM

déhydrocholate de soude en ampoules de 1 gr pour injections intra-veineuses

Permet, en stimulant la cholérèse, une opacification vésiculaire là où les méthodes classiques ont échoué.

Améliore l'image de la vésicule.

THERAPLIX

Gevaert

FILMS RADIOGRAPHIQUES

SENSIBILITÉ ÉLEVÉE
CONTRASTE OPTIMUM
PURETÉ D'ÉMULSION

Pour renseignements :
L'INDUSTRIE PHOTOGRAPHIQUE
S. A. (Licence Gevaert)
4, Rue Paul-Cézanne, PARIS (8e)

EXAMEN RADIOLOGIQUE DU TUBE DIGESTIF

RADIO-BARYX
BARYX COLLOÏDAL

Poudres opaques au sulfate de baryum

OPACITÉ PARFAITE

PAS DE SPASME RÉFLEXE

LABORATOIRES RADIO-BARYX
M. Y. CLÉMENT, Pharmacien. Fournisseur de l'A. P.
111, Rue Saint-Antoine, PARIS (4e) - ARC. 28-82

IMPRIMÉ PAR F. SOULISSE-MARTIN, A NIORT (FRANCE). — N° 359.

RES
HTE

UM

poules
neuses

ant
pa-
aire
des
oué.

de

QUE

YX
DAL
aryum

SPASME
LEXE

L P.
8-82